

**ANÀLISI DE DADES  
HIDROLÒGIQUES. APLICACIÓ AL  
CAS DE LA CONCA DE LA MUGA  
(ALT EMPORDÀ)**

Treball realitzat per:

**Alba Giró Piracés**

Dirigit per:

**Martí Sànchez Juny**

Grau en:

**Enginyeria d'Obres Públiques**

Barcelona,

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

**TREBALL FINAL DE GRAU**

## RESUM

Autor: Alba Giró Piracés

Tutor: Martí Sánchez Juny

Cada vez más, el uso de los datos es fundamental para cualquier tipo de trabajo. En este proyecto se hace uso de los datos hidrológicos para estudiar el comportamiento de la cuenca de la Muga, ubicada en el Alt Empordà.

El desarrollo de este proyecto se ha hecho en dos fases: la validación de los datos hidrológicos de la cuenca de la Muga con el programa HEC-DSS, de Hydrologic Engineering Center; y el análisis de los resultados obtenidos.

Los datos con los que se ha trabajado pertenecen a l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), empresa que se dedica al control y regulación de las cuencas internas de Cataluña. Estos datos pertenecen a los puntos de control de la cuenca, también llamados estaciones de aforo, en donde hay instalados unos sensores que envían datos hidrológicos constantemente en la oficina. Para realizar este proyecto se han usado los datos de las siguientes estaciones de aforo: embalse Darnius-Boadella, Boadella d'Empordà, Peralada y Castelló d'Empúries. Conjuntamente con los pluviómetros de las estaciones meteorológicas de: embalse Darnius-Boadella, Pont de Molins, Cabanes d'Empordà y Castelló d'Empúries.

Con los datos hidrológicos validados de los años 2011 hasta el 2015 y los datos de los pluviómetros, se ha hecho el análisis desde dos puntos de vista:

- Análisis anual y estacional de los recursos disponibles en la cuenca: volúmenes, caudales y la relación de estos dos con la lluvia.
- Análisis detallado de las avenidas producidas durante este periodo, estudiando y analizando los hidrogramas.

A partir de estos análisis se ha podido hacer un estudio general del comportamiento hidrológico de la cuenca, llegando a las siguientes conclusiones:

- La época del año que hay más lluvias y los caudales tienen valores más elevados son la primavera y el otoño. Y la época más tranquila es en invierno.
- Las precipitaciones no son muy largas, acostumbran a durar entre tres y seis días, siendo los primeros días de altas intensidades.
- Hay ciertas diferencias entre las estaciones de aforo. Castelló d'Empúries siempre tiene caudales más elevados que los otros puntos de control por su ubicación. En cambio Boadella siempre tiene el caudal más bajo y menos oscilatorio ya que está regulado por el embalse.
- Los meses de verano son cuando Boadella consigue los valores de caudal más elevados, ya que necesita más cantidad de agua para la población y para el cultivo.

## ABSTRACT

Author: Alba Giró Piracés

Tutor: Martí Sánchez Juny

Increasingly, the use of data is found to be essential for all kinds of jobs. In this project hydrological data is used to study the catchment basin of Muga, located in Alt Empordà.

This project has been done in two parts: the validation of the hydrological data with HEC-DSS programme, from Hydrologic Engineering Center; and the analysis with the results.

All this data was sourced from “Agència Catalana de l’Aigua (ACA)”, whose work is to control and regulate the intern catchments basin of Catalonia. This data belongs to gauging stations, where different sensors are installed and they send constant hydrologic data to the office. To complete this project it was necessary to decide which gauging stations were to be used; the most important and where the quality of the data was better were: Darnius-Boadella dam, Boadella d’Empordà, Peralada and Castelló d’Empúries. Together with the rain gauge from: Darnius-Boadella dam, Pont de Molins, Cabanes d’Empordà and Castelló d’Empúries.

With the hydrologic validated data from 2011 till 2015, and the data from the rain gauge the analysis has been presented in two different ways:

- Annual and seasonal analysis of available resources in the catchment basin: volume, flow; and the relation between these and the rain.
- Detailed analysis of floods produced during this period, studying and analysing the hydrographs.

Beyond these analyses, I was able to do a general hydrologic study from the performance of La Muga:

- The seasons of the year when the rain and the flow are more increased are spring and autumn. And the quieter season is winter.
- The rainfall is not long-lasting; it used to rain between three and six days, the first two days with high intensity.
- There are differences between the gauging stations. Castelló d’Empúries always have the highest flows because of it is location, that is in the river mouth. But Boadella always have the lowest and less oscillatory flow because it is regulated by the dam.
- The summer season is when Boadella gets the highest flow, because it needs more quantity of water for the population and for the crops.

## ÍNDIX

1. Introducció .....	10
2. Objectius .....	11
3. Estat coneixement .....	12
3.1. Antecedents jurídics .....	12
3.2. Dades hidrològiques .....	17
3.2.1. Qui/Com gestionen les dades? .....	17
3.2.2. Com s'obtenen les dades de camp? .....	18
3.3. Metodologia emprada .....	26
3.4. Ús de les dades validades .....	27
4. Procediment – Metodologia emprada .....	28
4.1. Eines que s'utilitzen per la validació de dades automàtiques .....	29
4.1.1. Excel de control .....	29
4.1.2. HEC-DSS .....	39
4.2. Procés de validació .....	43
4.2.1. Validació dades 5-minutals .....	45
4.2.2. Validació dades diàries .....	52
4.3. Millores per la validació de dades .....	56
5. Cas d'estudi – La Muga .....	59
5.1. Descripció de la conca .....	59
5.1.1. Clima de la Muga .....	60
5.1.2. Usos del sòl .....	62
5.1.3. Ús de l'aigua .....	63
5.1.4. Recull d'avingudes històriques .....	63
5.2. Descripció de les estacions .....	64
5.2.1. Embassament de Darnius - Boadella .....	66
5.2.2. Boadella d'Empordà .....	68
5.2.3. Peralada .....	69
5.2.4. Castelló d'Empúries .....	70
6. Resultats i discussió dels resultats .....	72
6.1. Comparativa dels resultats passats pels diferents scripts .....	72
6.2. Comparativa del tipus de dada .....	76
6.3. Anàlisi per anys .....	81

6.3.1.	Any 2011.....	82
6.3.2.	Any 2012.....	85
6.3.3.	Any 2013.....	88
6.3.4.	Any 2014.....	90
6.3.5.	Any 2015.....	93
6.3.6.	Resultats obtinguts en la anàlisi per anys.....	95
6.4.	Anàlisi per estacions d'aforament .....	97
6.4.1.	Boadella.....	97
6.4.2.	Peralada.....	101
6.4.3.	Castelló d'Empúries.....	106
6.4.4.	Resultats obtinguts en la anàlisi per punts de control .....	112
6.5.	Comparació dels volums de l'Embassament i de Boadella .....	114
6.6.	Corbes nivell-cabal .....	119
6.7.	Càlculs dels coeficients d'escolament .....	127
6.7.1.	Coeficient d'escolament de la conca de la Muga.....	129
6.7.2.	Coeficient d'escolament per avingudes .....	130
6.7.3.	Resultats obtinguts en els càlculs dels coeficients d'escolament .....	138
7.	Conclusions i recomanacions.....	139
8.	Referències bibliogràfiques.....	141

## ÍNDIX DE FIGURES

<i>Figura 1: mapa de les conques internes de catalunya (Font: ACA)</i>	14
<i>Figura 2: mapa conques hidrogràfiques de catalunya (font: ICC)</i>	15
<i>Figura 3: caseta estació d'aforament (font: aca)</i>	19
<i>Figura 4: esquema d'una estació d'aforament (font: pròpia)</i>	20
<i>Figura 5: corba d'aforament boadella d'empordà</i>	22
<i>Figura 6: escala limnimètrica al punt de control de ripoll(font: pròpia)</i>	23
<i>Figura 7: escala limnimètrica al punt de control de vilanova de sau (font: pròpia)</i>	23
<i>Figura 8: esquema d'una xarxa de punts</i>	24
<i>Figura 9: presa de dades amb molinet a l'estació d'aforament de ripoll (font: pròpia)</i>	25
<i>Figura 10: flow (font: sontek)</i>	25
<i>Figura 11: mesurament amb un perfilador doppler (font: pròpia)</i>	26
<i>Figura 12: sensor d'un perfilador doppler (font: aca)</i>	26
<i>Figura 13: excel de control</i>	30
<i>Figura 14: formulari gestió de variables</i>	33
<i>Figura 15: esquema conca de la muga</i>	34
<i>Figura 16: formulari nova incidències</i>	35
<i>Figura 17: formulari modificar incidències</i>	36
<i>Figura 18: entrada lectures d'escala</i>	37
<i>Figura 19: entrada d'aforaments</i>	37
<i>Figura 20: pestanya de corbes amb els seus paràmetres</i>	38
<i>Figura 21: finestra generar arxius</i>	39
<i>Figura 22: programa hec-dss amb dades carregades</i>	42
<i>Figura 23: estructura d'arxius</i>	44
<i>Figura 24: validació dades 5-minutals</i>	45
<i>Figura 25: finestra generació d'arxius</i>	46
<i>Figura 26: importació dades 5-minutals</i>	46
<i>Figura 27: seguiment dels primers scripts</i>	47
<i>Figura 28: gràfic de les dades diàries de l'estació d'aforament de boadella d'empordà agost 2015</i>	48
<i>Figura 29: valors de les dades diàries de l'estació de boadella d'empordà agost 2015</i>	48
<i>Figura 30: valors numèric i gràfics de les dades diàries de l'estació de boadella d'empordà agost 2015</i>	49
<i>Figura 31: modificació de les dades diàries del agost del 2015 boadella d'empordà</i>	50
<i>Figura 32: càlcul del cabal a partir del nivell i la seva corba d'aforament</i>	51
<i>Figura 33: seguiment dels últims scripts</i>	52
<i>Figura 34: procés de validació de les dades diàries</i>	52
<i>Figura 35: finestra data warehouse per seleccionar conca</i>	53
<i>Figura 36: importació dades diàries</i>	54
<i>Figura 37: excel amb les dades per importar al hec-dss</i>	54
<i>Figura 38: Excel de dades diàries amb totes les parts definides</i>	55
<i>Figura 39: finestra per importar el excel</i>	55
<i>Figura 40: modificació de les variables</i>	57
<i>Figura 41: generació d'arxius diari o 5-minutal</i>	57

<i>Figura 42: principals afluents de la conca de la muga (font: ACA)</i>	60
<i>Figura 43: règim pluviomètric estacional de la conca de la muga (font: aca)</i>	61
<i>Figura 44: precipitació mitjana anual de la conca de la muga (font: aca)</i>	62
<i>Figura 45: ubicació punts de control conca de la muga</i>	65
<i>Figura 46: embassament de boadella (font:aca)</i>	66
<i>Figura 47: sobreexidor embassament de boadella (font: pròpia)</i>	67
<i>Figura 48: comporta del sobreexidor (font: pròpia)</i>	67
<i>Figura 49: punt de control boadella (font: aca)</i>	68
<i>Figura 50: sector d'aigües baixes (font:aca)</i>	68
<i>Figura 51: escala de peixos (font: aca)</i>	69
<i>Figura 52: punt de control peralada (font:aca)</i>	70
<i>Figura 53: sectors punt de control castelló d'empúries (font: pròpia)</i>	70
<i>Figura 54: escala de peixos castelló d'empúries (font: pròpia)</i>	71
<i>Figura 55: canal d'aigües baixes castelló d'empúries (font: pròpia)</i>	71
<i>Figura 56: corba boadella</i>	74
<i>Figura 57: mapa conca de la muga amb les estacions meteorològiques</i>	128
<i>Figura 58: limitació de les estacions meteorològiques amb les seves àrees</i>	128

## ÍNDIX DE TAULES

<i>Taula 1: superfície i nombre de subconques (font: aca).....</i>	<i>12</i>
<i>Taula 2: precipitació mitjana de les conques internes de catalunya (font:aca).....</i>	<i>13</i>
<i>Taula 3: instruments dades automàtiques.....</i>	<i>21</i>
<i>Taula 4: instruments presa de dades manuals.....</i>	<i>22</i>
<i>Taula 5: procediment de les dades.....</i>	<i>28</i>
<i>Taula 6: variables pestanya de control.....</i>	<i>32</i>
<i>Taula 7: variables pestanya d'incidències.....</i>	<i>35</i>
<i>Taula 8: paràmetres lectura d'escala.....</i>	<i>36</i>
<i>Taula 9: paràmetres aforaments.....</i>	<i>37</i>
<i>Taula 10: informació de les cel·les del programa hec-dss.....</i>	<i>43</i>
<i>Taula 11: superfície de la conca de la muga (font: aca).....</i>	<i>59</i>
<i>Taula 12: clima conca de la muga (font: aca).....</i>	<i>61</i>
<i>Taula 13: cabal màxim a les inundacions històriques (font: aca).....</i>	<i>64</i>
<i>Taula 14: dades nivell boadella script rev0 → rev0a.....</i>	<i>73</i>
<i>Taula 15: nivells castelló d'empúries 1-10 abril 2015.....</i>	<i>75</i>
<i>Taula 16: resum dels pics de cabal dels 5 anys.....</i>	<i>95</i>
<i>Taula 17: valors dels cabals de boadella dels 5 anys.....</i>	<i>99</i>
<i>Taula 18: valors de les pluges de l'embassament de darnius-boadella dels 5 anys.....</i>	<i>100</i>
<i>Taula 19: valors dels cabals de peralada dels 5 anys.....</i>	<i>104</i>
<i>Taula 20: valors de les pluges de cabanes d'empordà dels 5 anys.....</i>	<i>105</i>
<i>Taula 21: valors dels cabals de castelló d'empúries dels 5 anys.....</i>	<i>110</i>
<i>Taula 22: valors de les pluges de castelló d'empúries durant els cinc anys.....</i>	<i>111</i>
<i>Taula 23: comparació de les dues corbes de boadella.....</i>	<i>121</i>
<i>Taula 24: comparació de les dues corbes de peralada.....</i>	<i>123</i>
<i>Taula 25: comparació de les dues corbes de castelló d'empúries.....</i>	<i>126</i>
<i>Taula 26: àrees de les estacions meteorològiques.....</i>	<i>128</i>
<i>Taula 27: precipitació anual de cada estació meteorològica.....</i>	<i>129</i>
<i>Taula 28: volums per anys de castelló d'empúries i la seva mitjana.....</i>	<i>130</i>
<i>Taula 29: resultats del cabal base per diferents mètodes.....</i>	<i>133</i>
<i>Taula 30: resultats del cabal base per diferents mètodes.....</i>	<i>136</i>
<i>Taula 31: recollida de resultats.....</i>	<i>138</i>



## ÍNDIX DE GRÀFICS

Gràfic 1: precipitació mitjana de les conques internes de catalunya (font: ACA)	13
Gràfic 2: percentatge d'ocupació per a cada ús del sòl (font: aca)	62
Gràfic 3: nivell boadella 1-10 gener 2015	72
Gràfic 4: cabal boadella 1-10 gener 2015	72
Gràfic 5: nivell boadella REV0 → REV0A	73
Gràfic 6: nivell castelló empúries 1-10 abril 2015	74
Gràfic 7: cabal castelló empúries 1-10 abril 2015	74
Gràfic 8: nivell santa llogaia 13-19 maig 2015	75
Gràfic 9: cabal santa llogaia 13-19 maig 2015	76
Gràfic 10: cabal boadella 2012 dades: 5-min, 1h, 6h, 12h, 1 dia i mensuals	77
Gràfic 11: cabal boadella 2012 dades: 5-in, 1 dia i mensual	77
Gràfic 12: cabal boadella juliol 2012 dades: 5-min, 1dia i mensuals	78
Gràfic 13: cabals 5-minutals 2012	78
Gràfic 14: cabals horaris 2012	79
Gràfic 15: cabals 6h 2012	79
Gràfic 16: cabals 12h 2012	80
Gràfic 17: cabals diàris 2012	80
Gràfic 18: cabals mensuals 2012	81
Gràfic 19: cabals any 2011	82
Gràfic 20: pic març 2011	82
Gràfic 21: pic principis novembre 2011	83
Gràfic 22: pic finals novembre 2011	84
Gràfic 23: període entre els dos pics de novembre	85
Gràfic 24: cabals any 2012	86
Gràfic 25: pic octubre/novembre 2012	86
Gràfic 26: pic novembre/desembre 2012	87
Gràfic 27: cabals any 2013	88
Gràfic 28: pic març 2013	89
Gràfic 29: pic novembre 2013	89
Gràfic 30: cabals any 2014	90
Gràfic 31: pic abril 2014	91
Gràfic 32: pic setembre/octubre 2014	91
Gràfic 33: pic novembre/desembre 2014	92
Gràfic 34: cabals any 2015	93
Gràfic 35: pic març 2015	93
Gràfic 36: pic març 2015 amb les pluges dels dies anteriors	94
Gràfic 37: cabals juny, juliol i agost	97
Gràfic 38: cabals boadella	97
Gràfic 39: cabals boadella març	98
Gràfic 40: cabals boadella abril, maig, juny, juliol i agost	98
Gràfic 41: cabal boadella novembre	99
Gràfic 42: comparació per mesos dels cabals i les pluges de boadella	101
Gràfic 43: cabals peralada	102

Gràfic 44: cabals peralada març .....	102
Gràfic 45: pluja cabanes d'empordà MARÇ .....	103
Gràfic 46: cabals peralada octubre, novembre i desembre .....	103
Gràfic 47: pluges cabanes empordà octubre, novembre i desembre .....	104
Gràfic 48: comparació per mesos dels cabals i les pluges de peralada.....	106
Gràfic 49: cabals castelló d'empúries.....	107
Gràfic 50: cabals castelló d'empúries març i abril.....	107
Gràfic 51: pluges castelló d'empúries març i abril .....	108
Gràfic 52: cabals i pluges castelló d'empúries setembre i octubre .....	108
Gràfic 53: cabals castelló d'empúries novembre i desembre .....	109
Gràfic 54: pluges castelló d'empúries novembre i desembre.....	109
Gràfic 55: comparació per mesos dels cabals i les pluges de castelló d'empúries dels 5 anys .	111
Gràfic 56: mitjanes mensuals dels cabals i les precipitacions dels tres punts de control.....	112
Gràfic 57: mitjanes anuals dels cabals i les precipitacions dels tres punts de control .....	113
Gràfic 58: pluges i cabals per punts de control .....	114
Gràfic 59: diferència de volums per dia del embassament de darnius-boadella .....	115
Gràfic 60: precipitacions 2011-2015 embassament darnius-boadella.....	115
Gràfic 61: cabals i pluges març .....	116
Gràfic 62: diferència de volums de l'embassament i del punt de control de boadella l'any 2011 .....	116
Gràfic 63: diferència de volums de l'embassament i del punt de control de boadella l'any 2012 .....	117
Gràfic 64: diferència de volums de l'embassament i del punt de control de boadella l'any 2014 .....	118
Gràfic 65: diferència de volums de l'embassament i del punt de control de boadella l'any 2015 .....	118
Gràfic 66: corba global boadella .....	120
Gràfic 67: corba boadella per trams .....	120
Gràfic 68: resultats de la taula 23 .....	121
Gràfic 69: corba general peralada .....	122
Gràfic 70: corba per trams de peralada .....	122
Gràfic 71: zoom de la corba per trams de peralada .....	123
Gràfic 72: corba global de castelló d'empúries .....	124
Gràfic 73: corba per trams de castelló d'empúries .....	124
Gràfic 74: zoom corba per trams de castelló d'empúries.....	125
Gràfic 75: resultats de la taula 25 .....	126
Gràfic 76: cabals i precipitacions de l'avinguda del novembre del 2011 .....	132
Gràfic 77: comparació dels resultats del cabal base .....	134
Gràfic 78: comparació del cabal de castelló d'empúries amb el cabal de l'avinguda (qnet)....	134
Gràfic 79: cabals i precipitacions de l'avinguda de finals de novembre i principis de desembre del 2014.....	135
Gràfic 80: comparació dels resultats del cabal base .....	137
Gràfic 81: comparació del cabal de castelló d'empúries amb el cabal de l'avinguda (Qnet) ...	137

## 1. INTRODUCCIÓ

L'ús de les dades i emmagatzematge d'elles, avui en dia és essencial per qualsevol cosa. Però aquestes dades de vegades no són correctes del tot, i necessiten ser revisades i validades per poder-les publicar correctament.

Aquest treball està enfocat en l'ús de les dades hidrològiques de les conques internes de Catalunya, en concret de la conca de la Muga, situada al Alt Empordà. El projecte s'ha desenvolupat en dos blocs:

- Validació de les dades hidrològiques de la conca de la Muga.
- Anàlisi dels resultats obtinguts.

Aquestes dues passes són realitzades per conèixer el comportament hidrològic de la conca de la Muga.

Les dades s'han estat treballant a l'Agència Catalana de l'Aigua, ja que és l'entitat que s'encarrega del control i la regulació de les conques internes de Catalunya. A causa de la crisi i de la falta de personal necessitaven una actualització de la validació de dades, i aquest va ser el paper de l'autora del treball: actualitzar fins a data d'avui les dades hidrològiques de la conca de la Muga.

A partir dels resultats obtinguts es va començar a desenvolupar el projecte de final de grau d'enginyeria d'Obres Públiques.

La motivació d'aquest treball ha estat poder desenvolupar un projecte a partir d'una empresa, a més d'entrar en detall en la hidrologia superficial i poder veure casos reals, els quals s'han pogut analitzar i veure els motius i les conclusions.

## 2. OBJECTIUS

L'objectiu fonamental d'aquest treball és establir un procediment per, a partir d'unes sèries històriques de registres d'aforaments al llarg d'un riu, es pot fer l'anàlisi del comportament hidrològic d'una conca. En particular s'han utilitzat les dades de la conca de la Muga, a l'Alt Empordà, que van ser validades durant les pràctiques realitzades per l'autora del treball a l'Agència Catalana de l'Aigua durant el segon quadrimestre del curs 15-16.

Durant l'estada en pràctiques a l'ACA es van validar les dades d'aforaments de la conca de la Muga existents, en concret el curt període entre 2011 i 2015. No es tracta d'un període massa llarg, tot i que suficient per poder fer una anàlisi acceptable. Per la validació d'aquestes dades d'aquests 5 anys s'ha utilitzat el programa HEC-DSS, desenvolupada pel Hydrologic Engineering Center.

Posteriorment, aquestes dades s'han completat amb les dades de pluja sobre la conca durant el mateix període, i s'han utilitzat per fer una anàlisi hidrològica que s'ha enfocat des de dos punts de vista:

- Una anàlisi de recursos disponible a la conca (volums aforats i la seva relació amb les pluges). Aquesta anàlisi s'ha enfocat a nivell anual i estacional.
- Una anàlisi de detall. S'han seleccionat alguns episodis que s'han produït al llarg del període d'estudi i s'han estudiat els hidrogrames produïts fent un estudi de separació del cabal base, així com la seva relació amb l'episodi de precipitació registrat.

### 3. ESTAT CONEIXEMENT

#### 3.1. ANTECEDENTS JURÍDICS

Per entendre el context d'aquest treball cal fer esment a la normativa vigent que s'utilitza, i com estan organitzades les conques per poder-les analitzar des del punt de vista dels recursos hídrics que generen.

La Directiva 2000/60/CE (Munné, 2003), del Parlament Europeu i del Consell, per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües, defineix la demarcació hidrogràfica com la zona marina i terrestre composta per una o vàries conques hidrogràfiques veïnes i les aigües subterrànies i costaneres associades. Aquest decret es dicta per delimitar els límits geogràfics de les masses d'aigua, el criteri emprat ha estat el de les conques i subconques, pel que fa a les masses d'aigua superficial, i el d'integrar les masses d'aigua subterrània i costaneres en la demarcació hidrogràfica més propera o en la més apropiada. Pel que fa a les conques internes de Catalunya, atribueix a la Generalitat la competència exclusiva en matèria, la qual inclou la planificació, la gestió i l'organització de l'administració hidràulica de Catalunya.

La delimitació de l'àmbit territorial del Districte de Conca Hidrogràfica és el següent:

- Conques internes: inclouen les conques dels rius Muga, Fluvià, Ter, Daró, Tordera, Besòs, Llobregat, Foix, Gaià, Francolí i Riudecanyes, i les rieres costaneres entre la frontera amb França i el desguàs del riu de la Sènia.

Aquestes conques són competència exclusiva de la Generalitat i la seva gestió és responsabilitat de l'Agència Catalana de l'Aigua (endavant: ACA).

La Taula 1 mostra els quilòmetres quadrats de cada conca i quantes subconques té:

CONCA HIDROGRÀFICA	SUPERFÍCIE (km <sup>2</sup> )	NÚM. DE SUBCONQUES
La Muga	961	26
El Fluvià	974	25
El Ter	2955	59
El Daró	321	5
La Tordera	876	28
El Besòs	1020	29
El Llobregat	4957	115
El Foix	310	11
El Gaià	423	13
El Francolí	853	20
Riudecanyes	72	2
<b>TOTAL</b>	<b>13722</b>	<b>333</b>

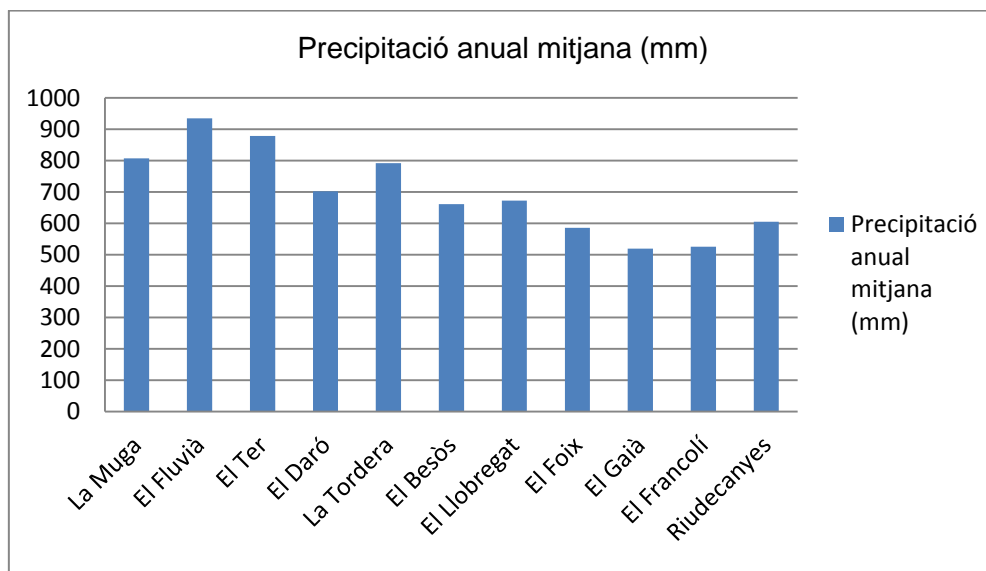
TAULA 1: SUPERFÍCIE I NOMBRE DE SUBCONQUES (FONT: ACA)

I la Taula 2 mostra la precipitació anual mitjana de cada conca:

CONCA HIDROGRÀFICA	PRECIPITACIÓ ANUAL MITJANA (mm)
La Muga	807
El Fluvià	935
El Ter	879
El Daró	702
La Tordera	792
El Besòs	661
El Llobregat	672
El Foix	586
El Gaià	519
El Francolí	525
Riudecanyes	605

TAULA 2: PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES CONQUES INTERNES DE CATALUNYA (FONT: ACA)

En el Gràfic 1 es pot observar la precipitació mitjana de les conques internes de Catalunya:



GRÀFIC 1: PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES CONQUES INTERNES DE CATALUNYA (FONT: ACA)

- Conques intercomunitàries i internacionals: estan integrades per la part catalana de les conques dels rius Ebre i Xúquer, la Garona forma part d'una conca internacional. Ocupen una superfície d'uns 14000km<sup>2</sup> que representen un 48% del territori català. La gestió d'aquestes conques és compartida amb els organismes de conca als quals pertanyen: la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre i la Confederació Hidrogràfica del Xúquer. El riu Garona es gestiona en la part catalana de la seva conca, de manera compartida entre l'Agència i la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre.

A continuació es mostren dos mapes: la Figura 1 ens mostra la separació entre les conques internes de Catalunya i les conques catalanes de l'Ebre, Garona i Xúquer, i la Figura 2 es pot apreciar millor la limitació de cada conca:

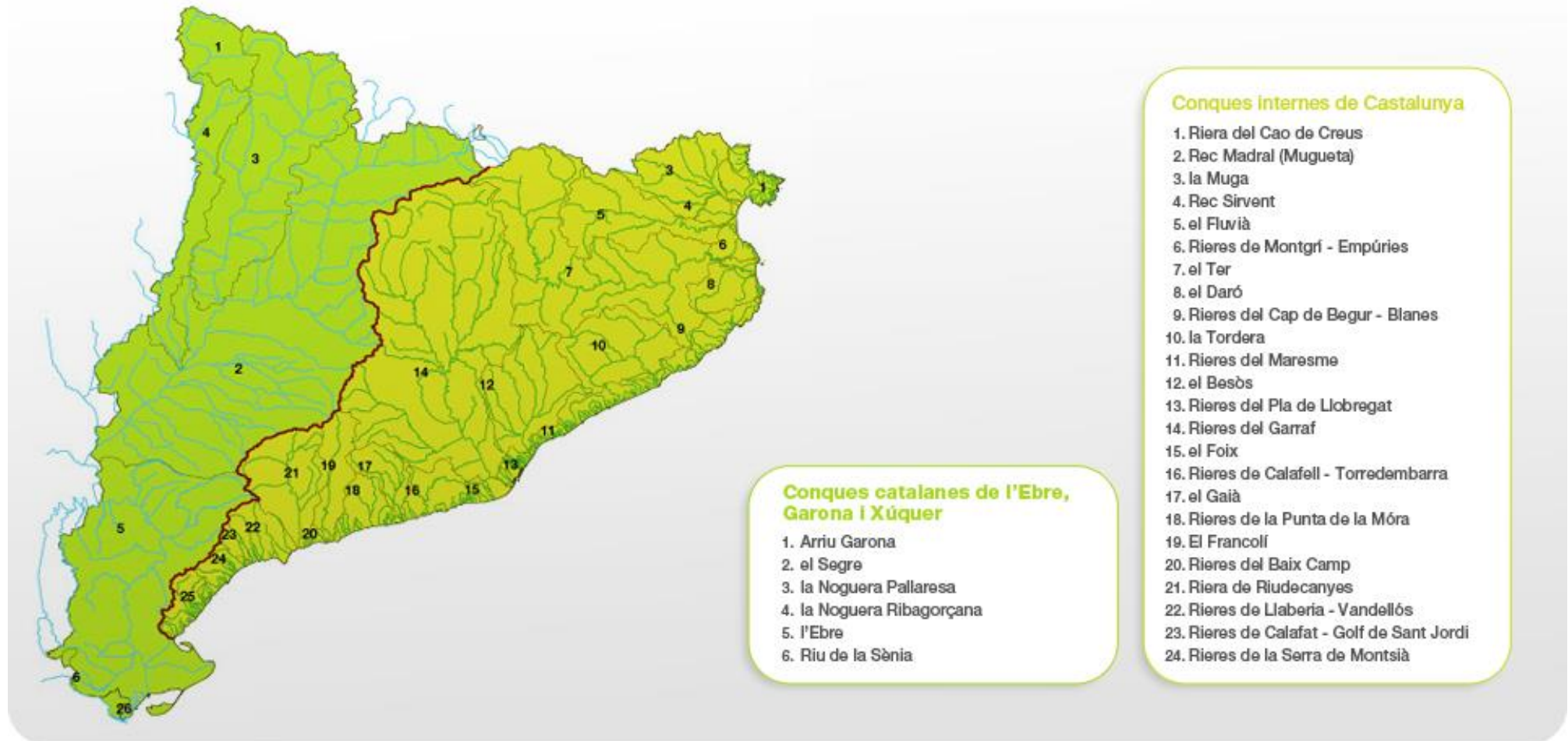


FIGURA 1: MAPA DE LES CONQUES INTERNES DE CATALUNYA (FONT: ACA)





FIGURA 2: MAPA CONQUES HIDROGRÀFIQUES DE CATALUNYA (FONT: ICC)

La Directiva Marc de l'Aigua és una directiva sobre les normes de qualitat de l'aigua, la implantació de la DMA a Catalunya és documentada per l'Agència Catalana de l'Aigua. Aquesta normativa intenta donar un marc d'actuació comuna sobre la gestió de l'aigua a tots els estats membres de la Unió Europea. L'aigua deixa de ser vista exclusivament com a recurs, i es considera un element bàsic dels ecosistemes hídrics i una part fonamental per al sosteniment d'una bona qualitat ambiental. La Directiva proposa la regulació de l'ús de l'aigua i dels espais associats, d'aquesta manera, es pretén promoure i garantir l'explotació i l'ús del medi de manera responsable, racional i sostenible.

Els objectius de la Directiva Marc de l'Aigua són:

- Prevenir, protegir i millorar l'estat dels ecosistemes aquàtics.
- Promoure un ús sostenible de l'aigua.
- Reduir i suprimir progressivament els abocaments.
- Reduir i evitar la contaminació d'aigües subterrànies.
- Disminuir els efectes d'inundacions i sequeres.



Els principis bàsics de la DMA:

1. Principi de no deteriorament i manteniment del bon estat de les masses d'aigua superficials i subterrànies: limitar els usos, els abocaments o les activitat que afecten el medi hídic.
2. Principi d'enfocament combinat de la contaminació i gestió integrada del recurs: s'ha de vetllar perquè els impactes rebuts pel medi aquàtic, en les diferents masses d'aigua, siguin tractats de manera combinada, tant les afeccions puntuals com les afeccions difuses.
3. Principi de participació social i transparència en les polítiques de l'aigua: la gestió dels recursos i els programes de mesures i de control que s'han d'integrar dins el nou Pla de gestió s'han d'elaborar mitjançant la participació i el consens social, a partir de mecanismes de participació ciutadana, i amb una transparència pública total.
4. Principi de plena recuperació de costos en la gestió dels recursos i de l'espai aquàtics: plena recuperació i internalització de costos, també els ambientals i els del recurs derivats dels serveis relacionat amb l'ús de l'aigua i del manteniment sostenible del bon estat de salut dels ecosistemes associats i s'haurà d'establir el principi de qui contamina paga.

Com s'ha comentat anteriorment el propietari de la Directiva del Marc de l'Aigua és l'Agència Catalana de l'Aigua. L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), adscrita al Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, va sorgir fa 15 anys de la fusió de la Junta de Sanejament i la Junta d'Aigües, com a l'empresa pública encarregada de planificar i gestionar el cicle integral de l'aigua a Catalunya. Els seus objectius són:

- Complir la Directiva Marc de l'Aigua.
- Protegir el medi natural aquàtic i autoritzar les actuacions a les lleres.
- Planificar i ordenar l'abastament i el sanejament a les conques internes de Catalunya.
- Construir i explotar les depuradores.
- Redactar estudis d'inundabilitat.
- Fer inspeccions i el seu seguiment.
- Elaborar lleis i decrets en competències de l'aigua.

Per poder fer una anàlisi de dades hidrològiques, l'aigua que s'utilitza és la superficial. Aquest tipus d'aigua és l'aigua continental, excepte les aigües subterrànies; les aigües territorials i les aigües costaneres, segons la definició a la Directiva marc de l'aigua de la Unió Europea. De tota l'aigua que cau sobre la superfície de la terra, una petita porció queda retinguda en les irregularitats del terreny (emmagatzematge superficial), i una part s'escola cap als rius (escolament superficial) i va a parar al mar o als llacs. Aquestes són les aigües superficials, que també es nodreixen d'una part de les aigües subterrànies que en arribar a terra s'infilten en el terreny i després tornen a sorgir a l'exterior. Per tant, les aigües superficials són les aigües quietes o corrents que es troben a la superfície del sòl, les aigües de transició pròximes a la desembocadura dels rius i les aigües costaneres o marines situades fins a una milla de la costa.

Per poder cuidar i controlar l'impacte de l'ésser humà amb l'aigua dels rius, es va establir un cabal de circulació mínim per cada riu, aquest cabal s'anomena cabal de manteniment, també anomenat cabal ecològic, és el volum d'aigua que es deixa de manera constant en el riu, amb

l'objectiu de garantir el bon funcionament dels ecosistemes vinculats al medi hídric. Aquest cabal ha de ser compatible amb les demandes ordinàries, com són els usos domèstics, els industrials i els agrícoles. L'ACA té plenes competències per establir i implantar un règim de cabals de manteniment a les conques internes. En canvi a les conques catalanes de l'Ebre i la Garona, l'ACA realitza els estudis necessaris (el càlcul i la validació de cabals de manteniment amb els mateixos criteris que es fa a les conques internes) per tal d'obtenir uns cabals de manteniment coherents per a tot Catalunya, que transmet a l'Organisme de conca competent (Confederació Hidrogràfica de l'Ebre) per a la seva implantació.

### 3.2. DADES HIDROLÒGIQUES

En aquest apartat s'explicaran diverses coses de les dades hidrològiques com per exemple de on obtenim les dades hidrològiques, quin sen fa quan s'emmagatzemen, qui s'encarrega d'aquestes dades i quin procediment s'executa per validar-les, quin ús tenen les dades després de validar-les.

Però primer de tot s'ha de saber de que s'està parlant, què és la hidrologia? I les dades hidrològiques? La hidrologia és l'estudi de totes les masses d'aigua de la Terra, i en sentit més estricte a la mesura, recopilació i representació de les dades relatives al fons de l'oceà, les costes, les mareas i els corrents de manera que es puguin plasmar sobre un mapa (carta hidrogràfica). Una part d'aquest estudi es realitza fent una anàlisi hidrològica, per aquesta raó necessitem dades hidrològiques, que són les que ajuden a entendre l'evolució de les masses d'aigua i els canvis impulsius. Gràcies a un bon seguiment d'elles es pot evitar accidents, inundacions, etc.

#### 3.2.1. QUI/COM GESTIONEN LES DADES?

L'encarregat de gestionar les dades de les conques internes de Catalunya és l'Agència Catalana de l'Aigua, adscrita al Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya. L'Agència Catalana de l'Aigua disposa d'un Sistema de Control de l'Aigua al Territori (SICAT) integrat per un conjunt de Punts de Control del Territori (PCT). Aquests proporcionen informació hidràulica, hidrològica, meteorològica i ambiental, que s'utilitza per gestionar els recursos, prevenir i gestionar fenòmens externs (avingudes i sequeres) i controlar la qualitat de les aigües.

Aquests punts enregistren automàticament un gran volum de dades que són emmagatzemades a la base de dades del Sistema d'Informació de Xarxes (SIX) implantat a l'Agència Catalana de l'Aigua.

Aquestes dades enregistrades no poden ser emprades directament ja que durant la seva presa i enregistrament poder haver patit alteracions de la seva qualitat degut a diversos problemes com:

- Alteracions del funcionament del Punt de Control del Territori.
- Canvis de les corbes/funcions de transformació de variables.
- Alteracions antròpiques del Punt de Control del Territori.
- Pèrdua de registres durant el procés de transmissió de les dades des del punt de mesura.

Degut a aquestes dificultats, les dades enregistrades requereixen de l'aplicació d'un procés de validació per assegurar-ne la seva veracitat i que compleixin amb els criteris de qualitat requerits pel seu ús en els processos de gestió. Per aquest procés de validació existeixen en el mercat programaris diversos per l'anàlisi i validació de les sèries històriques (HEC-DSS, Excel, SPSS, etc.).

Per poder controlar en qualsevol moment les dades que s'estan enregistrant, l'ACA utilitza el VISCAT. És una eina que s'utilitza per saber les dades de cada punt de control en el mateix moment que s'està visualitzant el VISCAT, això ajuda a poder tenir un seguiment de l'estat dels rius i saber si el punt de control funciona bé o no.

Al capítol 5 s'explicarà detalladament tots els processos de validació de dades, tant les dades 5minutals com les dades diàries.

### 3.2.2. COM S'OBTENEN LES DADES DE CAMP?

Les dades de camp s'obtenen de dues maneres: manual o automàtica. Per fer-ho es necessita una estructura on poder tenir tots els instruments necessaris i un espai amb una bona accessibilitat, que seran les estacions d'aforament.

Aquestes estacions d'aforament estan ubicades en un punt concret del riu, del canal o del embassament, totes elles necessiten un manteniment regularitzat perquè hi hagi un bon funcionament dels instruments que s'utilitzen per gravar les dades automàtiques, i gràcies als aforadors es poden obtenir les dades manuals. Utilitzant aquests dos tipus de dades es pot comparar la informació per saber si els sensors funcionen bé, i transmeten correctament les dades.

Les estacions són necessàries per fer la presa de dades automàtiques, ja que és necessari una estructura on tenir els dispositius adequats i la caseta de manteniment; i també per fer la presa de dades manuals, ja que és necessari tenir una bona accessibilitat a l'estació d'aforament per poder fer l'aforament manual. A part de que es necessita que la presa de dades manual sigui a les estacions d'aforament per obtenir la corba nivell-cabal de cada punt de control.

Aquestes estacions d'aforament, anomenades punts de control, s'agrupen constituint xarxes de control que es mostregen periòdicament i s'analitzen segons models analítics preestablerts. Les xarxes de control es gestionen a partir de diverses conques hidrogràfiques. Els resultats obtinguts es comparen amb els objectius de qualitat planificats a la Directiva Marc de l'Aigua (DMA), per poder validar aquests resultats i demostrar que són correctes.

Els objectius d'una estació d'aforament amb tots els seus instruments són:

- Conèixer la quantitat i la qualitat de l'aigua.
- Obtenir dades dels nivells i dels cabals.
- A partir d'aquestes dades treure informació de cada punt de control.

Els principals elements d'una estació d'aforament són:

- Sensors: mesuren els nivells i els cabals.
- Datalogger: és on s'importen les dades del sensor i es guarden.

- Font d'alimentació: perquè puguin funcionar tots els aparells, disposem de plaques solars i bateries.
- Transmissió de dades a l'oficina a través del mòdem.

Els sensor es situen directament en contacte amb l'aigua, en canvi el datalogger i la font d'alimentació estan dins la caseta. Aquesta caseta està tancada amb permís d'entrada només pel personal perquè no pugui entrar gent de l'exterior, ja que si fos de fàcil accés hi haurien robatoris. Totes les casetes tenen la mateixa estructura i distribució. Dins de la caseta hi ha un armariet on hi ha una pantalla que indica les dades de l'estació d'aforament (cabal, nivell, temperatura, etc.), si hi ha incidències i el tipus d'incidència que pot haver-hi, un esquema de com és l'estació d'aforament; dins d'aquest armariet hi ha el datalogger, és on es reben totes les dades dels sensors i les emmagatzema per enviar-les a oficina. Hi ha una porta que porta en una saleta on hi ha totes les bateries pel funcionament de l'estació en el cas de que les plaques solars no aportin suficient energia. La Figura 3 mostra com és la caseta de l'estació d'aforament de Castelló d'Empúries (conca de la Muga):



FIGURA 3: CASETA ESTACIÓ D'AFORAMENT (FONT: ACA)

El procés de la presa de dades és:

1. El sensor pren unes dades determinades (depenen del tipus de sensor recollirà unes dades u altres) i les passa al datalogger.
2. El datalogger converteix les dades analògiques a digitals i les emmagatzema.
3. Les dades són transmeses a les oficines a partir d'un mòdem, per poder treballarles i validarles.

A continuació es mostra la Figura 4, un esquema de com seria una estació d'aforament, on es poden observar tots els elements que s'han descrit:

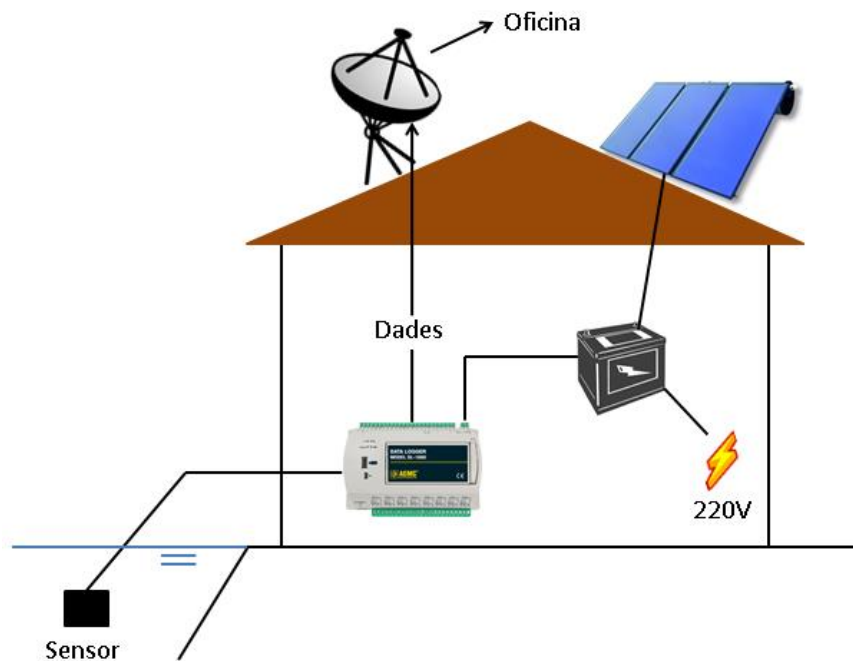


FIGURA 4: ESQUEMA D'UNA ESTACIÓ D'AFORAMENT (FONT: PRÒPIA)

Com s'ha explicat, les estacions d'aforament són necessàries per realitzar els aforaments tant automàtics com manuals. A continuació s'explica com s'obtenen les dades manuals i les automàtiques, i els instruments més utilitzats.

#### 3.2.2.1. DADES AUTOMÀTIQUES

Les dades automàtiques són les que s'encarreguen de mesurar els sensors. Aquestes dades són les que es reben contínuament a la base de dades de l'ACA, per poder controlar en qualsevol moment l'estat dels rius, els canals i els embassaments. Aquesta informació contínua ajuda a resoldre molts possibles problemes que podrien haver-hi, com avingudes, inundacions.

Per tant per enregistrar aquestes dades s'utilitzen sensors. Un sensor és un dispositiu capaç de mesurar magnituds físiques o químiques, anomenades variables d'instrumentació i transformar-les en variables elèctriques. Una de les principals característiques dels sensors és que sempre estan en contacte amb la variable que s'ha de mesurar o bé controlar. El procediment que realitzen és captar la senyal i transmetre-la a un altre dispositiu o sistema.

Els sensors que hi ha als punts de control mesuren el nivell i la velocitat del flux. Si el sensor calcula el nivell, amb la corba d'aforament ( $h-Q$ ) es pot obtenir el cabal. I si el sensor calcula la velocitat del flux, amb la geometria de on s'estiguin gravant les dades es pot obtenir el valor del cabal. Cada estació d'aforament té la seva corba i amb les dades que obtenen els aforadors es van perfeccionant. Tot aquest procés és automàtic.

Quan les dades són enregistrades se'ls hi dona un nom, aquest nom sempre és el de l'estació d'aforament de on pertanyen i es classifiquen segons el tipus de dada que sigui: cabal, nivell, temperatura, etc.

Per poder mesurar el nivell es necessiten sensors en totes les estacions d'aforament. A part del nivell també poden haver-hi sensors de temperatura, humitat, pressió, etc., però les dades

principals per poder controlar l'estat del riu, del canal o del embassament és el nivell. La Taula 3 mostra un resum dels sensor que s'utilitzen:

INSTRUMENTS NIVELL
Codificador angular acoblat a un sistema boia - contrapès
Sensor de nivell de pressió hidrostàtica
Sensor de nivell pneumàtic

TAULA 3: INSTRUMENTS DADES AUTOMÀTIQUES

El tipus de sensor que s'utilitza depèn de l'estructura que tingui l'estació d'aforament. A continuació s'explica aquests tipus de sensors i on es fan servir:

- Codificador angular acoblat a un sistema boia – contrapès: consisteix en un flotador el qual va marcant els diferents nivells de la superfície de l'aigua i els va registrant a un sistema electrònic que transforma el moviment en dades numèriques. Aquest instrument pot produir diversos problemes si no s'aïlla amb algun tipus de reixa, ja que pot ser arrastrat pels sediments o pel cabal de l'aigua si és molt elevat. També s'ha de vigilar de que en el lloc on estigui situat no s'embussi de fang o de sediments, ja que la presa de dades no seria bona. Es podria dir que és un instrument que abans s'utilitzava més que ara pels problemes que representa.
- Sensor de nivell de pressió hidrostàtica: l'altura del nivell d'un líquid es pot determinar a partir de la pressió hidrostàtica si es coneix la densitat del líquid. La pressió d'un líquid augmenta amb la pujada del nivell, aquesta pressió hidrostàtica es transmet a la cèl·lula de mesurament piezorresistiu, que està acoblada al líquid a mesurar, mitjançant una membrana d'acer inoxidable i un centrador de pressió. El valor de la cèl·lula de mesurament es pot convertir mitjançant un condicionador de senyal.
- Sensor de nivell pneumàtic: aquest sensor no està en contacte directe amb el medi a mesurar. Consisteix en un tub amb la longitud necessària per adaptar-lo en el lloc d'estudi, on en un extrem hi ha un sensor. D'aquest extrem surten bombolles d'aire que igualen la pressió d'aigua per a obtenir el valor de la columna d'aigua, sent necessari un compressor auxiliar que genera la pressió suficient per a igualar la columna d'aigua exercida. Té l'avantatge de poder-se situar tant per sobre del nivell màxim com del mínim a mesurar.

### 3.2.2.2. DADES MANUAUS (AFORADORS)

Les dades manuals són necessàries per verificar que els sensors de les estacions d'aforament funcionen correctament, per això es fa un seguiment de totes les estacions d'aforament, calculant manualment el nivell i el cabal amb diversos instruments. Amb aquest mostreig periòdic es pot comprovar que tots els dispositius funcionen bé i que l'estat de l'estació d'aforament sigui correcte.

A part de comprovar que els sensor funcionen correctament, les dades manuals també s'utilitzen per fer les corbes d'aforament (h-Q). Aquestes corbes s'obtenen a partir de les dades manuals, per això és necessari que els aforadors facin un recorregut per totes les



estacions d'aforament, ja que gràcies aquestes dades es pot actualitzar la corba i els valors dels cabals calculats a partir dels nivells són més exactes.

Cada estació d'aforament té la seva corba d'aforament ja que el riu es comporta d'una manera diferent a cada tram. I és necessari actualitzar-la periòdicament, ja que el riu va canviant el seu comportament durant el temps.

A continuació es mostren diverses corbes d'aforament, com es pot observar l'eix de les x correspon al nivell, i l'eix de les y al cabal.

La Figura 5 correspon a l'estació d'aforament de Boadella d'Empordà al riu Muga:

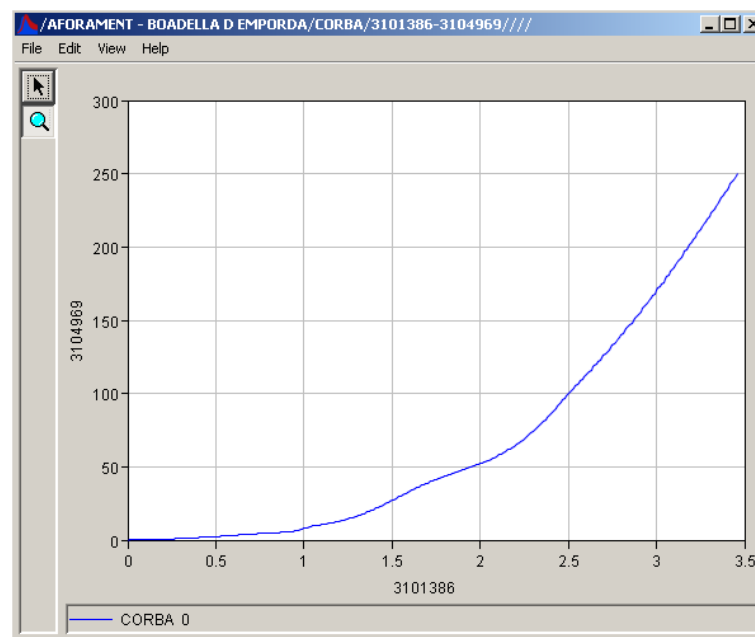


FIGURA 5: CORBA D'AFORAMENT BOADELLA D'EMPORDÀ

Per poder fer aquest procés es necessita l'ajuda dels aforadors, són les persones que s'encarreguen d'anar a camp per supervisar les estacions d'aforament i prendre mesures dels nivells i dels cabals, per així poder corroborar els resultats d'aquest mètode amb les dades automàtiques i actualitzar o crear les corbes d'aforament.

La feina dels aforadors consisteix en sortir uns dies a la setmana a camp i fer una ruta per les diverses estacions d'aforament, i els altres dies passar les dades manuals a la base de dades de l'ACA.

Per tant l'objectiu dels aforadors és comprovar el nivell i el cabal, a part de l'estat del punt de control. Per poder mesurar aquestes dades s'utilitzen diversos instruments, es mostren a la següent Taula 4:

INSTRUMENTS NIVELL	INSTRUMENTS CABAL
Escala limnimètrica	Molinet Flow Perfilador Doppler

TAULA 4: INSTRUMENTS PRESA DE DADES MANUALS

A continuació s'explica en que consisteix cada instrument dels anomenats a la taula anterior:

- Escala limnimètrica: com s'ha classificat a la taula anterior és un instrument que s'utilitza per fer càlculs de nivells superficials. Aquest instrument és simplement una escala graduada en metres i en centímetres, fixada o recolzada en una estructura sobre la qual es pot llegir el nivell. Per tant aquest instrument és d'ús manual. A continuació es mostren dues imatges de dos limnímetres fixats a la paret: la Figura 6 és de l'estació d'aforament de Ripoll del riu Ter i la Figura 7 de l'estació d'aforament de Vilanova de Sau del riu Ter.

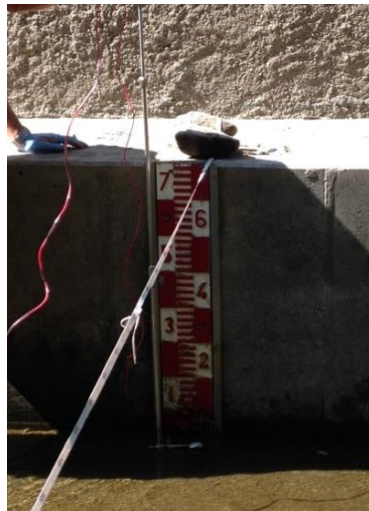


FIGURA 6: ESCALA LIMNIMÈTRICA AL PUNT DE CONTROL DE RIPOLL (FONT: PRÒPIA)



FIGURA 7: ESCALA LIMNIMÈTRICA AL PUNT DE CONTROL DE VILANOVA DE SAU (FONT: PRÒPIA)

- Molinet: aquest instrument es fa servir per mesurar cabals. Consisteix en un pal que conté una hèlix en l'extrem, i una PDA que és on es poden veure els resultats obtinguts i posar les condicions de contorn, estan connectats entre ells mitjançant un cable. Hi ha diferents tipus de molinet segons la mida de l'hèlix, dependrà de la velocitat de l'aigua que hi hagi en el lloc on es va a aforar. Si hi ha velocitats molt baixes s'utilitza l'hèlix més petita, i així s'anirà augmentant el diàmetre de l'hèlix quan vagi creixent la velocitat. Aquest instrument s'utilitza quan la profunditat sigui menor que quatre vegades el diàmetre de l'hèlix, segons la ISO748. Per tant quan hi hagi calats petits. Consisteix en mesurar la velocitat en diversos punts d'una secció transversal (tant en ample com en profunditat) del flux d'aigua (riu, canal,...). A partir de la velocitat i coneixent el valor de l'àrea de cada secció es pot calcular el cabal. Els punts on es mesuren les velocitats han d'estar regularment espaiats, és a dir, han de crear una xarxa de punts homogènia. Per tant s'han de vigilar diferents aspectes:



- Si es preveuen zones amb diferències de velocitats significatives es recomana mesurar amb més densitat, és a dir, mesurar amb divisions de subseccions més petites.
- No s'aconsella mesurar la meitat de la secció i aplicar simetria central ja que aquesta no seria real.

A continuació es presenta un esquema (Figura 8) d'una secció transversal rectangular (la geometria serà la que ens trobem en el terreny on anem a mesurar) on s'ha definit la xarxa de punts per mesurar la velocitat:

	1	2	3	4	5	6
A	$V_{A1}$	$V_{A2}$	$V_{A3}$	$V_{A4}$	$V_{A5}$	$V_{A6}$
B	$V_{B1}$	$V_{B2}$	$V_{B3}$	$V_{B4}$	$V_{B5}$	$V_{B6}$
C	$V_{C1}$	$V_{C2}$	$V_{C3}$	$V_{C4}$	$V_{C5}$	$V_{C6}$

FIGURA 8: ESQUEMA D'UNA XARXA DE PUNTS

Com es pot observar s'ha fet una xarxa de punts, dividint l'allargada i la fondària. La subdivisió de punts de la fondària dependrà del nivell d'aigua que tinguem:

- $h > 1\text{m}$ : es fan tres punts. Prenent com a 0 la superfície del fons, es situa el primer punt al 20% de  $h$ , el segon punt al 40% de  $h$  i el tercer punt al 80% de  $h$ .
- $h < 1\text{m}$ : es fan dos punts. Prenent com a 0 la superfície del fons, es situa el primer punt al 20% de  $h$  i el segon punt al 80% de  $h$ . En el cas que hi hagi un nivell d'aigua molt petit fent només una mesura ja serà suficient.

En aquest cas l'àrea de les seccions tindran el mateix valor, però si no és així s'haurà de calcular les àrees amb la informació de la secció. Quan ja s'hagi realitzat la xarxa de punts es mesurarà la velocitat en cada secció. El molinet el que fa és calcular el número de voltes en un temps determinat (aquest temps serà el mateix per totes les presa de dades i el decidirà l'aforador, acostuma a ser 30 segons) i ell mateix, a partir del interval de temps i el número de voltes ho converteix a velocitat, cada mesura es farà dos cops per obtenir resultats més fiables i a continuació es farà la mitjana de la velocitat per cada secció. Finalment es pot calcular el cabal amb la següent Fórmula 1:

$$Q = v * A$$

FÓRMULA 1

El cabal que circula per tota la secció transversal al flux és la suma de tots els cabals de cada secció.

A continuació es mostra la Figura 9 d'una presa de dades amb un molinet a l'estació d'aforament de Ripoll del riu Ter. Es pot observar al fons l'escala limnimètrica, i al primer pla el molinet. Com es pot observar l'aforador està aguantant el pal del molinet el màxim recte possible i en direcció al flux, i té una cinta mètrica posicionada en tota la secció longitudinal del riu per saber les divisions de les seccions, en aquest cas només es realitzarà una mesura en tota la fondària, ja que és d'uns 10-20cm aproximadament.



FIGURA 9: PRESA DE DADES AMB MOLINET A L'ESTACIÓ D'AFORAMENT DE RIPOLL (FONT: PRÒPIA)

- Flow: aquest instrument també mesura cabals. És de la família del molinet, però enlloc de facilitar-te la velocitat dóna directament el cabal, per tant s'obté el resultat in-situ. Consisteix en un pal que conté uns sensors en l'extrem, i una PDA que és on es poden veure els resultats obtinguts i posar les condicions de contorn, estan connectats entre ells mitjançant un cable, tal i com es pot observar a la Figura 10.

El procediment és el mateix; consisteix en fer una xarxa de punts a l'àrea transversal del lloc on es vol obtenir el cabal, es mesura en cada punt i s'obté el valor del cabal, fent una suma de tots aquests resultats s'obté el valor total del cabal que passa per la secció.

La diferència entre el flow i el molinet, és que amb el flow es pot mesurar cabals de calats més grans, el més important és que el instrument estigui submergit tot el temps que estem mesurant, i es pot obtenir el valor del cabal in-situ.



FIGURA 10: FLOW (FONT: SONTEK)

- Perfilador doppler: s'utilitza per mesurar cabals. En aquest cas es divideix la secció transversal en columnes, el perfilador farà un recorregut transversal pels punts que s'ha dividit la secció, el instrument farà una mesura automàtica de la secció transversal de la corrent i la velocitat de l'aigua a diferents altures de la corrent fent efecte Doppler.

Per caudals molt baixos s'utilitza el molinet o el flow, ja que donen resultats més precisos.

A continuació es mostren dues imatges d'una presa de dades amb un perfilador doppler. Com es pot observar a la Figura 11 es va posicionant la barqueta per les

seccions verticals que s'ha dividit la geometria de l'estació d'aforament, a la Figura 12 es pot observar els sensors que porta el perfilador a la part inferior de la barqueta:



FIGURA 11: MESURAMENT AMB UN PERFILADOR DOPPLER (FONT: PRÒPIA)



FIGURA 12: SENSOR D'UN PERFILADOR DOPPLER (FONT: ACA)

Per tant quan els aforadors van al camp llegeixen l'escala limnimètrica per saber el valor del nivell, i per calcular el cabal utilitzen un dels instruments explicats, el instrument utilitzat dependrà de les condicions de l'entorn. A partir dels resultats obtinguts es pot comparar amb els resultats que apareixen a la pantalla de l'armariet i veure si els resultats són semblants o molt diferents, amb aquesta comparació es pot saber si l'estació té un bon funcionament o no.

### 3.3. METODOLOGIA EMPRADA

Un cop s'han emmagatzemat les dades a la base de dades de l'ACA, aquestes dades han de passar un procés de validació, ja que poden haver-hi dades errònies. Per fer el procés de validació s'utilitzen diversos programes i en aquests moments hi ha molta oferta.

En el moment que es va decidir fer un bon procés de validació de dades, l'Agència Catalana de l'Aigua no tenia suficient poder econòmic com per comprar llicències de programes i pagar per les actualitzacions, per tan van fer una recerca i van acabar trobant el HEC-DSS de la família del HEC, un programa totalment gratuït i molt bo.

Per poder incorporar les dades al programa i generar tots els Scripts el que es va fer és contractar un servei informàtic que els van ajudar a fer la programació dels Scripts i millorar el ús del programa.

Per tant el programa finalista va ser el HEC-DSS un programa del Centre d'Enginyeria Hidrològica del Cos d'Exèrcit dels EUA i bastant senzill d'utilitzar. Utilitzant aquest programa i un Excel fet per l'ACA s'aconsegueix fer el procés de validació de dades tant 5-minutals com diàries.

Però a part d'aquest programa hi ha dos softwares molt bons, però el preu de la llicència és car, per tant es van descartar directament. Aquests dos softwares són WISKI (Water Information Systems KISTERS) i AQUARIUS Time-Series, els dos programes són molt semblants al HEC-DSS però tenen més complements, com per exemple:

- Per importar dades i exportar dades es pot fer amb diversos programes i és un procés molt ràpid.
- Alhora de fer la validació manual hi ha més eines per modificar les dades.
- Els càlculs estadístics són més extensos, ja que es poden calcular més paràmetres.
- Es poden visualitzar els resultats en 3D.
- Es poden visualitzar diversos resultats en un mateix gràfic i comparar millor els valors obtinguts.
- Quan es publiquen les dades validades poden anar acompanyades d'un mapa, per saber la situació correcta de l'estació d'aforament.

Com es pot observar totes les característiques que s'han dit són extres, ja que les que té el HEC-DSS són suficients per poder fer una validació de dades. Finalment l'ACA va acabar optant per aquest programa perquè és gratuït.

### 3.4. ÚS DE LES DADES VALIDADES

Tot aquest procés de validació té una finalitat, i és obtenir les dades validades per ser utilitzades posteriorment.

Aquest ús de les dades validades és important sobretot per la mateixa casa que les produeix (ACA), ja que l'utilitzen diversos departaments, com per exemple: recursos hídrics, concessions, ecosistemes aquàtics, subterrànies, etc, per realitzar diversos estudis i per poder controlar el que està passant cada moment. Aquestes dades són de bon ús per fer estadístiques, calcular temps de retorn, veure l'evolució i el canvis de l'estat dels rius, canals i embassament, poder prevenir diversos problemes o fer millores per evitar riscos, de tot això s'encarrega l'Agència Catalana de l'Aigua.

També és de bon ús pel públic, ja que aquestes dades es van publicant a la pàgina web de l'ACA i així si qualsevol persona vol tenir informació sobre les dades validades les pot consultar directament a la pàgina web i no haver de trucar per sol·licitar la informació, cosa que el procediment seria molt més llarg.

#### 4. PROCEDIMENT – METODOLOGIA EMPRADA

Un cop obtingues les dades, bé de manera manuals o automàtica, es processaran cadascuna de manera diferent:

- Dades automàtiques: a partir del programa HEC-DSS i un Excel de control es fa el procés per validar la dada.
- Dades manuals: s'incorporen a la base de dades de l'ACA a partir del Programa Biber. És un programa molt senzill que indicant l'estació d'aforament i el tipus d'instrument que s'ha utilitzat per fer l'aforament cal introduir-hi els valors obtinguts.

Com s'ha explicat anteriorment, de dades automàtiques n'hi ha de dos tipus: les 5-minutals i les diàries. En aquest cas s'utilitzen els mateixos programes, però a l'hora d'incorporar les dades al HEC-DSS es fa de diferent manera. La següent Taula 5 mostra una pinzellada de com es validen les dades automàtiques ja que les dades manuals només cal introduir-les al programa:

TIPUS DADA	PROGRAMA EMPRAT	DESCRIPCIÓ
Dades 5-minutals	HEC-DSS i Excel de control	Consisteix en carregar les dades 5-minutals en el HEC-DSS amb l'opció importació en format WaterML. En el Excel de control s'hi troba tota la informació de la conca, es carregaran les dades (les corbes, els aforaments manuals, les lectures d'escala i les incidències) i s'importaran al HEC-DSS.
Dades diàries	HEC-DSS i Excel de control	Consisteix en carregar les dades diàries en el HEC-DSS amb l'opció importació en format Excel. En el Excel de control s'hi troba tota la informació de la conca, es carregaran les dades (les corbes, els aforaments manuals, les lectures d'escala i les incidències) i s'importaran al HEC-DSS.

TAULA 5: PROCEDIMENT DE LES DADES

El procés de validació de les dades 5-minutals vindrà governat per dos conjunts d'arxius principals:

- Uns arxius en format WaterML (.xml) amb les series temporals de les dades a importar des del SIX. Com s'ha comentat en el capítol anterior, el SIX és la base de dades del Sistema d'Informació de Xarxes implantat per l'Agència Catalana de l'Aigua.
- Els arxius de control (un per cada conca), que governaran totes les relacions internes del programa.

El procés de validació de les dades diàries vindrà governat per dos conjunts d'arxius principals:

- Uns arxius en format Excel (.xls) amb les series temporals de les dades a importar des del SIX.
- Els arxius de control (un per cada conca), que governaran totes les relacions internes del programa.

#### 4.1. EINES QUE S'UTILITZEN PER LA VALIDACIÓ DE DADES AUTOMÀTIQUES

Com ja s'ha explicat anteriorment per fer la validació de dades es necessiten diverses eines.

Per validar les dades automàtiques s'utilitza el programa HEC-DSS i el Excel de Control, i per validar les dades manuals s'utilitza el programa Biber. A continuació s'explica de que tracten aquests programes i quin és el seu ús per la validació de dades.

##### 4.1.1. EXCEL DE CONTROL

Aquest Excel està creat per l'Agència Catalana de l'Aigua i ajuda a organitzar les dades de les diverses conques. Cada conca té el seu propi Excel de Control i en aquest s'inclou la informació de les variables a validar, les relacions entre les diferents variables, les corbes que serveixen per a obtenir les variables calculades, etc...

La funció d'aquest Excel és:

- Emmagatzemar les dades manuals de les conques.
- Carregar dades per exportar-les al HEC-DSS.
- Entrar les dades dels aforaments manuals.
- Tenir un control de les incidències que hi ha a les estacions.

A continuació la Figura 13 mostra un exemple de com és el Excel de Control, per explicar més fàcilment el seu ús i les seves eines:



⏪ ⏩ ⏴ ⏵

Ⓜ aunt

Table

1	2	3
4	5	6
7	8	9

70%



Com es pot observar aquest Excel està estructurat per un índex (requadre vermell), unes pestanyes (requadre taronja) i la gestió de la conca (requadre verd). A continuació s'explica la informació que hi ha a cada pestanya i tot el que es pot fer:

#### **PESTANYA D'INICI:**

La Figura 13 és un exemple de com seria la pestanya d'inici. Des d'aquesta pestanya es gestiona tot el Excel, i inclou un índex (requadre vermell) amb hiperlinks i una sèrie de botons amb les següents funcions (requadre verd):

- Actualitzar índex: actualitza l'índex de pestanyes de l'arxiu Excel.
- Generar arxius de control: serveix per generar els arxius que es vulguin carregar al HEC-DSS.
- Entrada d'incidències: es poden consultar, modificar o generar les incidències associades a la conca.
- Entrada lectura d'escala i aforaments: es poden crear nous registres de lectura d'escala i aforaments.
- Gestió de variables de la conca: es poden consultar, modificar o generar les variables que es gestionaran en la conca.
- Veure esquema de la conca: dirigeix a l'usuari a la pestanya de l'esquema de la conca.

#### **PESTANYA DE CONTROL:**

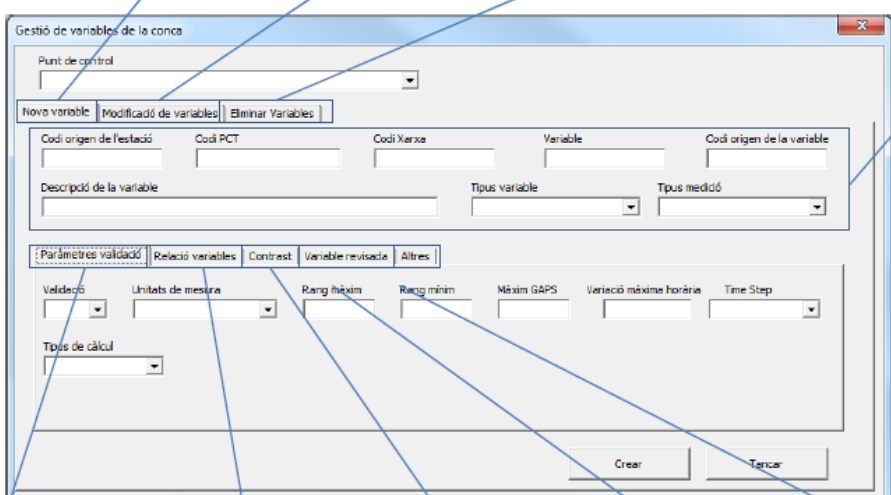
En aquesta pestanya s'emmagatzema tota la informació de variables i de relacions entre elles. La Taula 6 descriu els paràmetres més importants i com estan representats en el Excel, informant de quina columna està cada descriptor i una breu descripció d'ells:



DESCRIPTOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓ
Punt de control	A	És el codi identificador del punt de control
Variable	E	És el codi identificador de la variable
Tipus de variable	F	Describeu la tipologia de variable, que pot ser: cabal, humitat relativa, nivell, volum embassat, etc.
Unitat de mesura	G	Describeu la unitat de mesura de la variable
Tipus de mesura	K	Describeu la tipologia de la variable en funció de la tipologia de la mesura, que pot ser: directa, calculada parcial, directa obligada, calculada total, auxiliar, informativa i revisada.
Validació	L	Defineix si la variable ha de ser revisada o no
Variable calculada parcial	M	Si una variable directa té una variable calculada parcial, que se'n deriva d'ella, en aquesta casella, s'introduirà el valor de la variable "calculada parcial"
Variable calculada total	N	En cas que una variable sigui "calculada total", és a dir, resultat de la suma de varies variables, en les files de les variables que conformin els sumands, es col·locarà en la "columna N" el codi de la variable calculada total.
Número de variables pel càlcul	O	Per a una variable donada, aquesta columna indica el número de variables que són necessàries per a la seva obtenció.
Variable revisada	P	Codi de la variable que serà exportada al SIX com a variable revisada.
Rang màxim	Q	Rang màxim admissible per la variable. En cas que alguna dada sigui superior, s'eliminarà el valor. Aquesta casella s'ha d'omplir en el cas que la variable sigui directa o directa obligada.
Rang mínim	R	Rang mínim admissible per la variable. En cas que alguna dada sigui inferior, s'eliminarà el valor. Aquesta casella s'ha d'omplir en el cas que la variable sigui directa o directa obligada.
Variació màxima horària	S	Variació màxima tolerable horària. Aquesta casella s'ha d'omplir en el cas que la variable sigui directa o directa obligada.
Màxim de gaps	T	Número màxim de gaps consecutius sobre els quals s'aplicarà un reompliment de dades automàtic. Aquesta casella s'ha d'omplir en el cas que la variable sigui directa o directa obligada.
Time step	U	Temps de pas, amb el que s'emmagatzema la variable.
Altres variables constants	W-X-Y	En aquestes caselles, es poden col·locar variables per a crear un grup de contrast.
Lectures d'escala	Z	Codi de la variable que té la informació dels aforaments o les lectures d'escala.
Aforaments	AA	Codi de la variable que té la informació de les incidències.
Incidències	AB	Codi de la variable d'incidències.

TAULA 6: VARIABLES PESTAÑA DE CONTROL

És molt important que no s'eliminin, ni s'afegeixin, ni es moguin columnes. Si es vol modificar, eliminar o crear alguna variable del Excel s'ha de realitzar a través d'un formulari que es troba a la pestanya d'inici "Gestió variables de la conca", que té el següent format (Figura 14):



**Creació d'una nova variable**

**Modificació d'una variable existent**

**Eliminació d'una variable existent**

**Paràmetres generals de les variables:**

- Codi Origen de l'estació
- Codi PCT
- Codi Xarxa
- Variable
- Codi origen de la variable
- Descripció de la variable
- Tipus variable
- Tipus de medició

**S'inclouen els paràmetres de validació:**

- Validació
- Unitats mesura
- Rang màxim
- Rang mínim
- Màxim gaps
- Variació màxima horària

**S'inclouen les relacions de variables:**

- Variable calculada parcial
- Variable calculada total

**S'inclouen les relacions de contrast:**

- Variable de contrast 1
- Variable de contrast 2
- Variable de contrast 3

**S'inclou la informació de la variable revisada**

**S'inclouen els comentaris que vulgui realitzar l'usuari sobre la variable, i si es crea o no una variable de lectura d'escala i d'aforament**

FIGURA 14: FORMULARI GESTIÓ DE VARIABLES

Amb aquestes tres opcions es poden crear, modificar o eliminar les variables que es vulguin. I tots els canvis que es facin seran representats a la pestanya de control del Excel de control.

### PESTANYA ESQUEMA DE LA CONCA:

Inclou un esquema dels punts de control de la conca, que ajuda a saber on estan ubicats. A continuació la Figura 15 mostra un exemple de com és la conca de la Muga, on es poden observar tots els punts de control, la seva ubicació aproximada, i així es pot tenir una idea de quins punts de control estan aigües amunt i quins aigües avall:

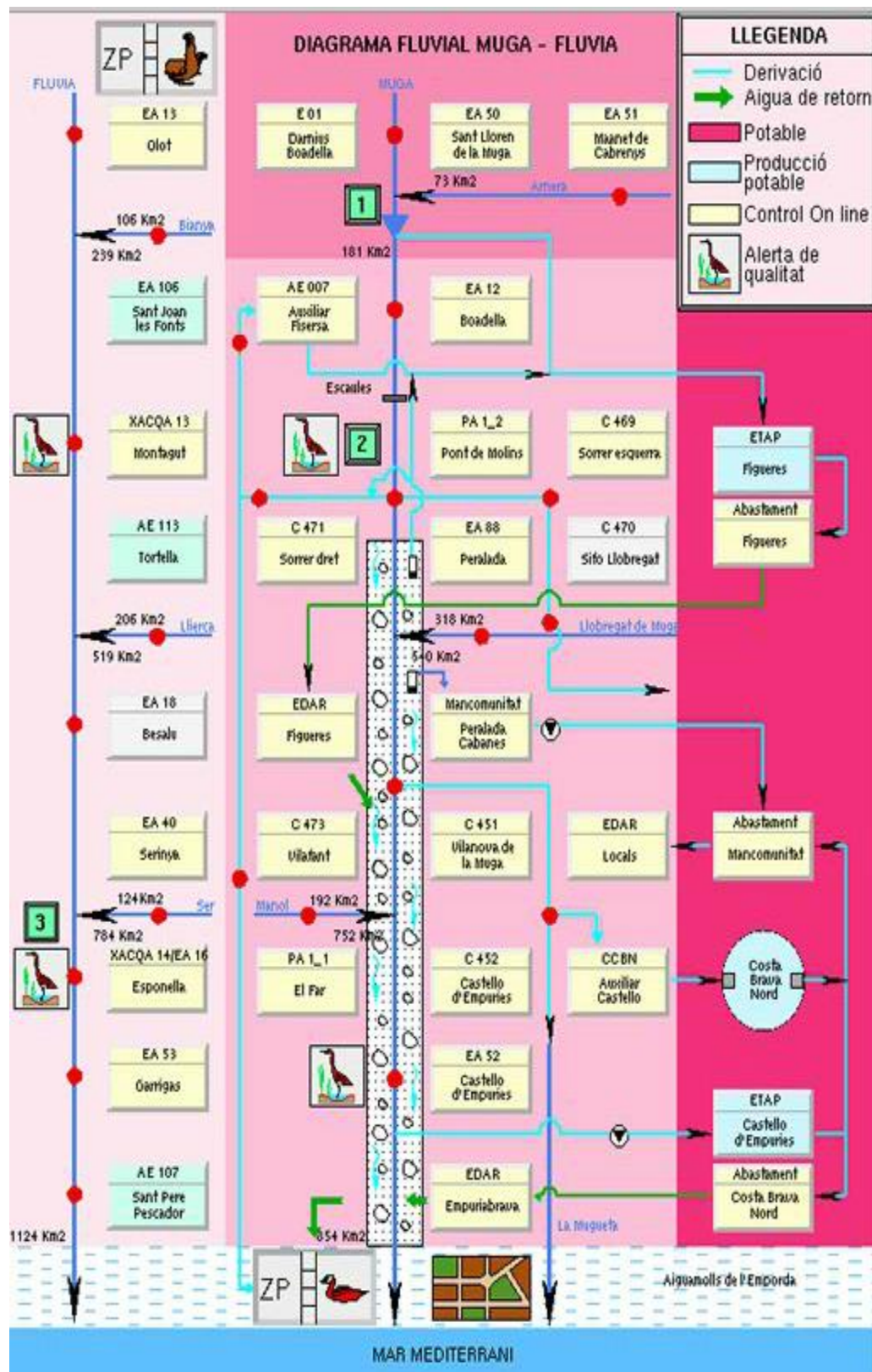


FIGURA 15: ESQUEMA CONCA DE LA MUGA

### PESTANYA D'INCIDÈNCIES:

La pestanya d'incidències conté tota la informació d'incidències associades als diferents PCT. La Taula 7 mostra els paràmetres més importants i com estan representats en el Excel, informant de quina columna està cada descriptor i una breu descripció d'ells:

DESCRIPTOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓ
Codi PCT	B	És el codi identificador de incidència. Correspon a la columna AB de la pestanya "Control", associat a la variable que pertany al punt de control on s'ha trobat la incidència.
Nom	C	Nom del punt de control.
Conca	D	Conca de la incidència.
Incidències	E	Descriptor de la incidència.
Estat	F	Estat de la incidència: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberta: si no té data de tancament.</li> <li>• Tancada: si té data de tancament.</li> </ul>
Tipus	G	Tipus de incidència.
Prioritat	H	Nivell de prioritat de la incidència.
Data d'obertura	I	Data d'obertura de la incidència.
Data tancament	J	Data de tancament de la incidència.
Detecció	K	Responsable de la detecció de la incidència.
Responsable	L	Responsable de la incidència.
Executor actuació	M	Executor de l'actuació sobre la incidència.
Observacions	N	Observacions sobre la incidència.

TAULA 7: VARIABLES PESTAÑA D'INCIDÈNCIES

La modificació o introducció d'una incidència, es pot realitzar mitjançant dos procediments:

- En la pestanya d'inici: mitjançant el botó d'entrada i gestió d'incidències s'obra un formulari.

Si es vol crear una nova incidència (Figura 16):

1. Seleccionar el punt de control.
2. Introduir els diferents camps (com a mínim els obligatoris: descripció, prioritat i data d'obertura).
3. Desar.

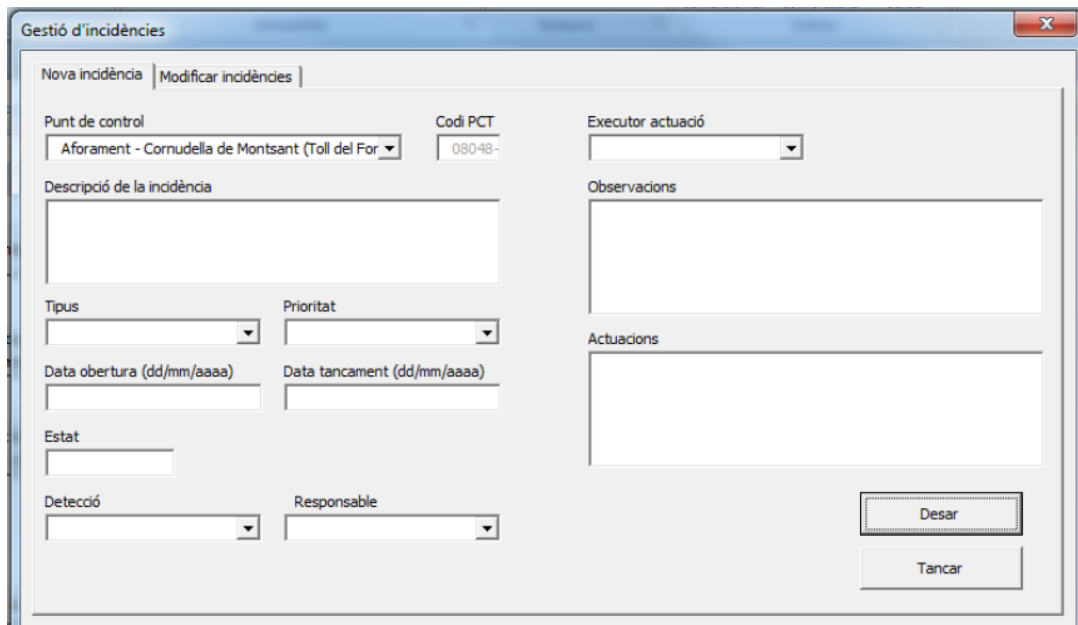


FIGURA 16: FORMULARI NOVA INCIDÈNCIES

Si es vol modificar una incidència (Figura 17):

1. Seleccionar el punt de control.
2. Seleccionar la descripció de la incidència.

3. Donar al boto actualitzar.
4. Modificar els camps que es vulguin modificar.
5. Desar.

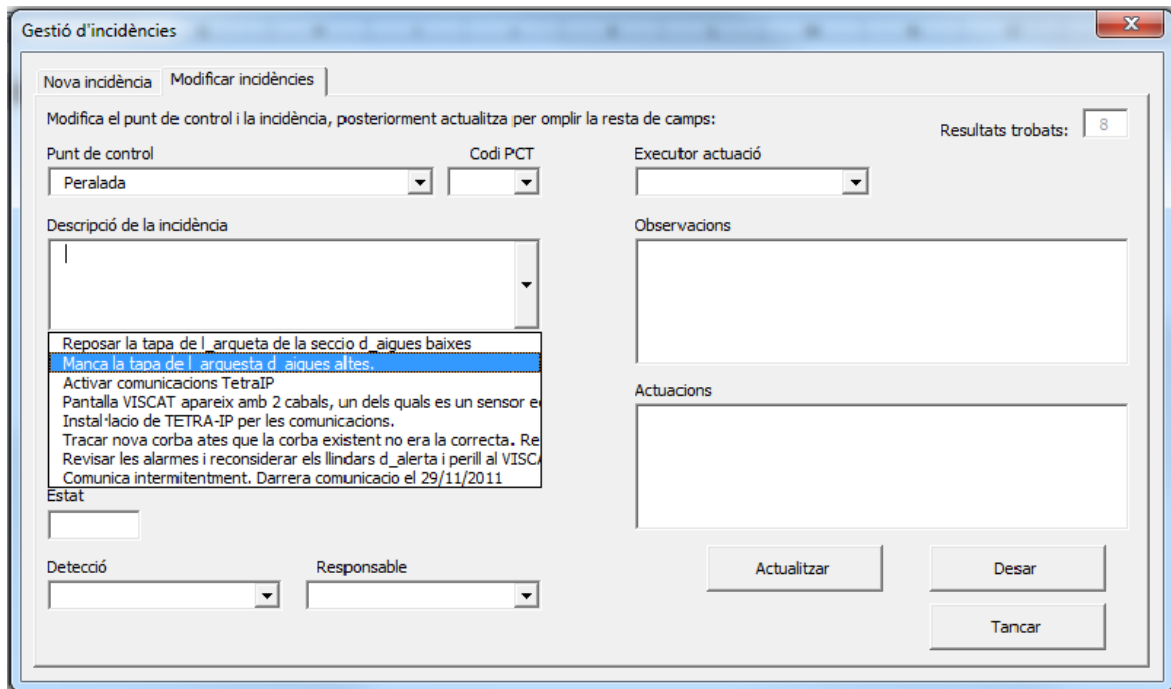


FIGURA 17: FORMULARI MODIFICAR INCIDÈNCIES

- A la pestanya d'incidències: introduint les dades en una nova fila. S'ha de vigilar en introduir correctament el codi d'incidència.

#### PESTANYA LECTURA D'ESCALA:

Aquesta pestanya conté tota la informació de lectures d'escala associades als diferents PCT. La Taula 8 mostra els paràmetres més importants i com estan representats en el Excel, informant de quina columna està cada descriptor i una breu descripció d'ells:

DESCRIPTOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓ
Punt de control	A	És el codi identificador del punt de control.
Descripció de la variable	B	És el codi identificador de la variable.
Identificador	C	Codi de la variable "lectura d'escala".
Data	D	Data de la realització de la lectura.
Hora	E	Hora de la realització de la lectura.
Valor lectura escala	F	Valor de la lectura d'escala.

TAULA 8: PARÀMETRES LECTURA D'ESCALA

La introducció d'una lectura, es pot realitzar mitjançant dos procediments:

- A la pestanya de l'Excel "lectures escala": introduint les dades en una nova fila.
- A la pestanya d'inici: mitjançant el botó "entrada lectura escala/aforaments" s'obra el següent formulari (Figura 18):

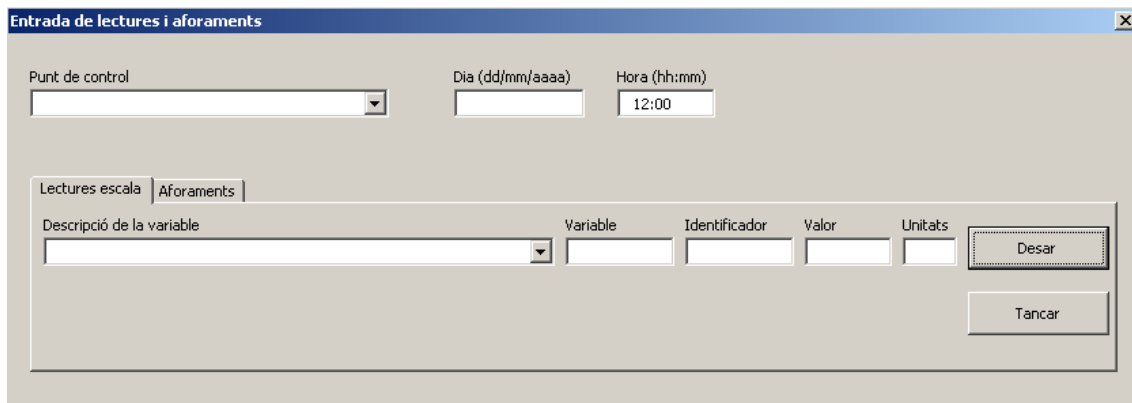


FIGURA 18: ENTRADA LECTURES D'ESCALA

Primer s'ha d'entrar el punt de control on s'ha realitzat la lectura d'escala. Un cop seleccionat el punt de control s'ha d'indicar el dia i l'hora que es va realitzar la lectura d'escala. A continuació ja es pot seleccionar la descripció de la variable amb la que s'estigui treballant i automàticament s'introduirà el camp de variable, l'identificador i les unitats. Finalment s'escriurà el valor de la lectura d'escala.

#### PESTANYA AFORAMENTS:

Aquesta pestanya conté tota la informació dels aforaments associats als diferents PCT. La Taula 9 mostra els paràmetres més importants i com estan representats en el Excel, informant de quina columna està cada descriptor i una breu descripció d'ells:

DESCRIPTOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓ
Punt de control	A	És el codi identificador del punt de control.
Descripció de la variable	B	És el codi identificador de la variable.
Identificador	C	Codi de la variable "aforament".
Data	D	Data de la realització del aforament.
Hora	E	Hora de la realització del aforament.
Valor aforament	F	Valor del aforament.

TAULA 9: PARÀMETRES AFORAMENTS

La introducció d'un aforament, es pot realitzar mitjançant dos procediments:

- A la pestanya de l'Excel aforaments: introduint les dades en una nova fila.
- A la pestanya d'inici: mitjançant el botó *entrada lectura escala/aforaments* s'obre el següent formulari (Figura 19):

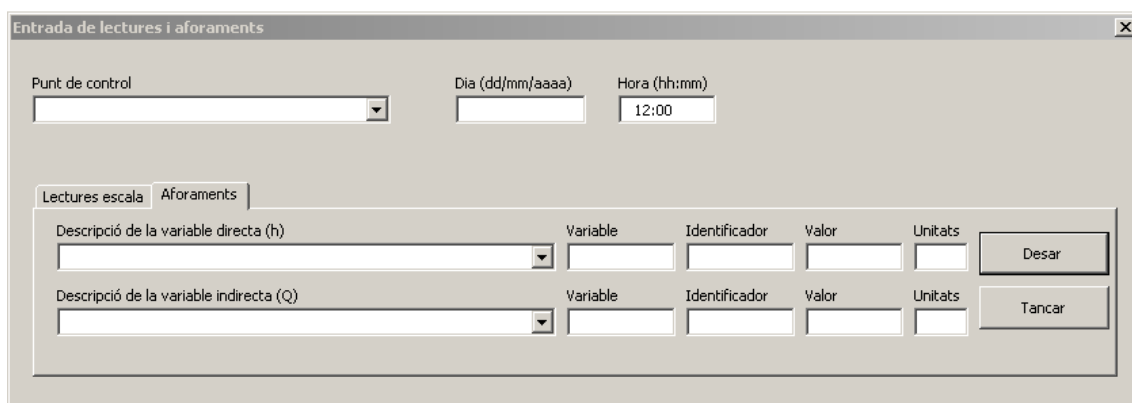


FIGURA 19: ENTRADA D'AFORAMENTS



Primer s'ha d'entrar el punt de control on s'ha realitzat l'aforament. Un cop seleccionat el punt de control s'ha d'indicar el dia i l'hora que es va realitzar el aforament. A continuació ja es pot seleccionar la descripció de la variable amb la que s'estigui treballant i automàticament s'introduirà el camp de variable, l'identificador i les unitats. Finalment s'escriurà el valor del aforament.

### PESTANYA DE CORBES:

Es crea una pestanya per a cada corba que relaciona dues variables. Aquestes pestanyes sempre segueixen el mateix format:

- Cel·la A1: descripció del punt de control.
- Cel·la B1: conca.
- Cel·la E1: codi de la variable destí (que serà una variable calculada).
- Cel·la J1: codi de la variable origen (que serà una variable directa).
- Cel·la A3: tipus i unitats de la variable directa.
- Cel·la B3: tipus i unitats de la variable calculada.
- Cel·la A4-An: valors de la variable directa.
- Cel·la B4-Bn: valors de la variable calculada.

A continuació la Figura 20 mostra un exemple de com és la pestanya de corbes de la conca de la Muga en un determinat punt de control:

Descripció punt de control		Conca	Codi variable destí		Codi variable origen					
de control										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Aforament - Boadella d Empordà	MUGA	DESTI:	3315071		ORIGEN:		3315070			
W (m)	Q [m3/s]									
0.1	0.001									
0.11	0.002									
0.12	0.005									
0.13	0.008									
0.14	0.013									
0.15	0.019									
0.16	0.026									
0.17	0.035									
0.18	0.045									
0.19	0.057									
0.2	0.071									
0.21	0.087									
0.22	0.105									
0.23	0.124									
0.24	0.146									
0.25	0.17									
0.26	0.197									
0.27	0.225									
0.28	0.256									
0.29	0.29									
0.3	0.326									
0.31	0.364									
0.32	0.406									
0.33	0.449									
0.34	0.496									
0.35	0.545									

Tipus i unitat de la variable calculada

Tipus i unitat de la variable directa

Valors variable directa

Valors variable calculada

FIGURA 20: PESTANYA DE CORBES AMB ELS SEUS PARÀMETRES

## ARXIS DE CONTROL (.txt)

Totes aquestes pestanyes tenen la funció d'emmagatzemar informació per després treballar-la en el HEC-DSSVue, per poder passar les dades del Excel al programa el que s'ha de fer és carregar els arxius, això es fa pitjant el botó *Generar arxius* a la pestanya d'inici. Aquests arxius són en format text file (.txt) que aporten la informació al HEC-DS Vue per a la realització dels processos automàtics de validació. La finestra que s'obre és com la de la Figura 21:

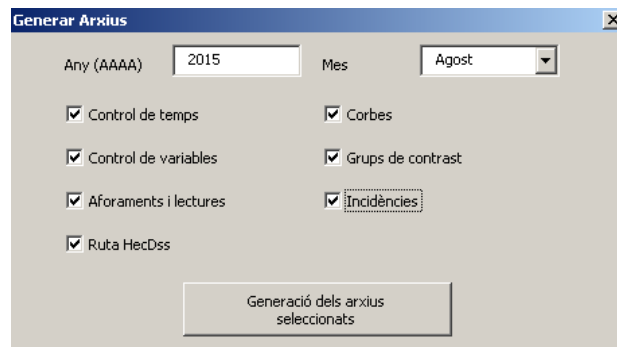


FIGURA 21: FINESTRA GENERAR ARXIS

- Control de temps: es determina el període de temps que es realitzarà la validació.
- Control de variables: envia tota la informació de les variables al HEC-DSSVue. Només cal generar-ho si ha canviat respecte a la última versió.
- Aforaments i lectures d'escala: genera els dos arxius, que contenen tota la informació sobre aforaments i lectures d'escala efectuats en els punts de control de la conca.
- Ruta Hec-DSS: permet trobar la ruta on s'emmagatzemen els arxius dels grups en el DSS. Només s'ha de crear el primer cop que un usuari utilitzi el programa.
- Corbes: envia la informació de les transformacions de les variables directes a les calculades.
- Grups de contrast: determina grups de variables que es representaran com a grup en el HEC-DSSVue, ja que la seva presència pot ser útil a la validació d'una determinada variable.
- Incidències: exporta la informació d'incidències en el HEC-DSSVue.

Per tant si és el primer cop que es carreguen les dades d'un mes determinat en el HEC-DSS el que es farà és seleccionar tots els paràmetres. Però si ja s'han generat els arxius algun cop i només es vol tornar a carregar l'Excel perquè els Scripts funcionin bé, el que es farà és seleccionar el control de temps i el control de variables, i amb aquests dos paràmetres ja n'hi haurà prou.

### 4.1.2. HEC-DSS

Aquest programa fou desenvolupat pel Hydrologic Engineer Center dels EUA i és un sistema de base de dades dissenyada per emmagatzemar de manera eficient i recuperar dades científiques. Les dades en arxius de base de HEC-DSS poden ser manipulades amb el HEC-DSSVue, un programa d'utilitats visuals basats en Java.

Permet als usuaris traçar, tabular, editar i manipular dades en un fitxer de base de HEC-DSS. Els gràfics produïts per HEC-DSSVue són altament personalitzables i es poden guardar en diversos formats.



Per tant aquest programa s'utilitzarà per fer el procés de validació de les dades automàtiques (dades 5-minutals i dades diàries). Introduint les dades en el programa HEC-DSS i editant-les amb el HEC-DSSVue. Primer de tot perquè el programa funcioni bé, el format de l'ordinador ha d'estar en Anglès d'Estats Units, en aquesta opció s'hi accedeix a través del Panel de control/Configuració regional i d'idioma. Si no es canvia el idioma del ordinador, el programa no processarà bé.

Per poder entendre els objectius d'aquest programa, s'exposen les funcions bàsiques del HEC-DSSVue:

- Importació i exportació de dades.
- Emmagatzematge de dades.
- Filtració de dades a partir dels Scripts.
- Representació de dades a partir de gràfics.
- Modificació de les dades a partir de les gràfiques o numèricament.
- Validació de les dades segons el criteri de la persona que estigui validant.

Una de les funcions del programa HEC-DSS és la filtració de dades a partir dels Scripts. Aquests Scripts són subrutines d'automatització de processos que són dissenyades amb el programador Visual Basic en format python (.py) i s'incorporen al programa HEC-DSS important els Scripts un per un, aquest procés només cal fer-lo en el moment que s'instal·li el programa a l'ordinador. Primer de totes comenten algunes abreviacions que aniran sortint durant l'explicació dels Scripts:

- DI → Directa: variable que es mesura de forma directa, sense aplicar cap transformació.
- DO → Directa Obligada: variable que tot i ser resultant d'una transformació, al no disposar d'aquesta, es tracta com a variable directa.
- CP → Càlcul Parcial: variable que es calcula a partir d'una variable directa, mitjançant una corba de transformació.
- CT → Càlcul Total: és el resultat de la suma de diferents variables.

A continuació es descriuen els Scripts:

- Importació: subrutines per a la importació de corbes, aforaments, lectures d'escala i incidències.
- 1. REV0→REV0A: subrutines per a la regularització temporal de sèries.
- 2. REV0A→REV0B: subrutines per a l'eliminació de valors fora dels llistats preestablerts.
- 3. REV0B→REV0C: subrutines per a l'eliminació de pics fora de rang.
- 4. REV0C→REV0D: subrutines per al reompliment de buits.
- 5. REV0D→REV0E: subrutines per al càlcul de variables de càlcul parcials i totals.
- 6. REV0E→CALC\_CP\_CT: subrutines per al re-càlcul de variables de càlcul parcials i totals si s'han modificat en versió OE valors de variables directes (DI).
- 7. REV0E→CALC\_DI\_CT: subrutines per al re-càlcul invers de variables directes i de re-càlcul de variables totals si s'han modificat en versió OE valors de variables de càlculs parcials.

- 8. REVOE-\_REVOZ: subrutines per anomenar les dades validades per l'usuari en versió 0E a versió 0Z i càlcul d'estadístics sobre el conjunt de variables en versió 0A i versió 0E.
- 9. REVOZ→REV1: subrutines per anomenar les dades en versió 0Z a versió 1 i reanomenar el codi de les variables segons els codis establerts a SIX per a les variables revisades.
- Export\_atSICAT: subrutina per a la generació dels arxius .dat per a importar posteriorment les dades de les variables seleccionades a SIX ha estat lliurat per l'Agència.

Els passos a seguir per la instal·lació de cadascuna d'aquestes subrutines és el següent:

1. Obrir el programa HEC-DSS.
2. Seleccionar dins Menú *Tools* a la barra principal el submenú *Script Editor*.
3. Seleccionar dins del Menú *File* a la barra principal l'opció *Import*.
4. Seleccionar un per un els arxius .py ubicats a la carpeta on estiguin guardats.

Quan s'hagin introduït els Scripts ja es podran carregar les dades al programa i treballar amb elles per validar-les. El que es farà és carregar dades mensuals d'una mateixa conca, es podran carregar tots els mesos que es vulguin, però segons el tipus de dada que es vulgui estudiar es podrà fer amb un termini de temps més curt o més llarg. Per exemple si tenim dades 5-minutals podrem carregar menys mesos que si tenim dades diàries, ja que les dades 5-minutals tenen molts més valors que les dades diàries, per tant es necessitarà veure les gràfiques més detalladament per poder-les analitzar d'una manera correcta. Quan s'hagin analitzat els mesos per separat, el que es podrà fer és carregar al HEC-DSS diversos mesos per veure els canvis que han tingut les dades segons les èpoques de l'any.

A continuació la Figura 22 mostra un exemple de com seria la pantalla del programa HEC-DSS quan es carreguen les dades d'una conca:

Validacio\_Muga0115.dss - HEC-DSSVue

File Edit View Display Groups Data Entry Tools Scripts Advanced Help

0\_Importacio 1. REV0->REV0A 2. REV0A->REV0B 3. REV0B->REV0C 4. REV0C->REV0D 5. REV0D->REV0E 6.OP1. REV0E->CALC CP/CT 7.OP2. REV0E->CALC DI/CT 8. REV0E->REV0Z 9. REV0Z->REV1

File Name: J:/imatges/DICR\_Xarxes de Control/VALIDACIO\_DADES\_UXC/02\_Treball/MUGA/Validacio\_Muga0115.dss

Pathnames Shown: 151 Pathnames Selected: 2 Pathnames in File: 295 File Size: 898 KB

Validacio\_Muga0115.dss

Search A: Punt de control C: Descripció variable E: Tipus de dada

By Parts: B: Identificador D: Data F: Script

Number	Part A	Part B	Part C	Part D / range	Part E	Part F
1	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0
2	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0A
3	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0B
4	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0C
5	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0D
6	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0E
7	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0Z
8	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3104969	EA012_BOADELLA_CABAL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0
9	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3104969	EA012_BOADELLA_CABAL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0A
10	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3104969	EA012_BOADELLA_CABAL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0E
11	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3104969	EA012_BOADELLA_CABAL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0Z
12	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0
13	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0A
14	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0B
15	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0C
16	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0D
17	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0E
18	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0Z
19	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315071	EA012_BOADELLA_CABAL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0
20	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315071	EA012_BOADELLA_CABAL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0A
21	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315071	EA012_BOADELLA_CABAL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0E
22	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3315071	EA012_BOADELLA_CABAL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_0Z
23	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3369144	EA012_BOADELLA_NIVELL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_1
24	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3369145	EA012_BOADELLA_NIVELL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_1
25	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3369146	EA012_BOADELLA_CABAL EA_RE...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_1
26	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	3369147	EA012_BOADELLA_CABAL ESCAL...	01JAN2014 - 01JAN2015	1DAY	REV_1
27	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	A_3101386	EA012_BOADELLA_NIVELL RIU_M...	01JAN2011 - 01JAN2014	IR-YEAR	AFO
28	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	A_3104969	EA012_BOADELLA_CABAL RIU_M...	01JAN2011 - 01JAN2014	IR-YEAR	AFO
29	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	A_3315070	EA012_BOADELLA_NIVELL RIU MU...	01JAN2012 - 01JAN2014	IR-YEAR	AFO
30	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	A_3315071	EA012_BOADELLA_CABAL RIU_M...	01JAN2012 - 01JAN2014	IR-YEAR	AFO
31	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	CORBA	3101386-3104969			
32	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	CORBA	3315070-3315071			
33	AFORAMENT - BOADELLA D EMPO...	EA012		01JAN2012 - 01JAN2015	IR-YEAR	INC.

AFORAMENT - BOADELLA D EMPORDA/3101386/EA012\_BOADELLA\_NIVELL EA\_REV0/01JAN2014 - 01JAN2015/1DAY/REV\_0/

Select De-Select Clear Selections Restore Selections Set Time Window

Dades seleccionades

FIGURA 22: PROGRAMA HEC-DSS AMB DADES CARREGADES

Les eines més utilitzades són:

- Eines per fer l'anàlisi de dades: seleccionant les dades que ens interessin si pitgem a:



les dades seran representades gràficament.



les dades seran representades numèricament.



es podran modificar les dades tant numèricament com gràficament.

- Scripts: aquí hi ha tots els Scripts que s'han importat, quan es carreguen les dades es van pitjant un per un perquè les dades passin els filtres. A mesura que es van passant els Scripts a la part F es va creant un arxiu nou que figura l'últim Script que s'ha realitzat.
- Bloc de sèries temporals i variables seleccionades: si es pitja dos cops seguits a una dada la dada queda seleccionada, i per veure quines dades tens seleccionades s'ha d'observar la part inferior de la pantalla.
- Part central de la pantalla: en aquest espai és on estan les dades de la conca que s'estiguin treballant. Cada dada té un tipus d'informació, que es reflecteix a les columnes on posa part:

Part A: punt de control

Part B: codi de la variable

Part C: descriptor de la variable

Part D: data inici i data final de la gravació de la dada

Part E: tipus de dada (diària, 5-minutal, altres)

Part F: subrutines que hagi passat la dada

A la següent Taula 10 es pot observar quina informació hi haurà a les cel·les segons la dada que tinguem:

	PART A	PART B	PART C	PART D	PART E	PART F
Sèries temporals	Descriptor del PCT	Codi de la variable	Descriptor de la variable	Longitud de la sèrie temporal*	Pas temporal de la sèrie temporal*	Versió de la variable
Aforaments	Descriptor del PCT	Codi de la variable	Descriptor de la variable	Longitud de la sèrie temporal*	Pas temporal de la sèrie temporal*	<b>AFO***</b>
Lectures d'escala	Descriptor del PCT	Codi de la variable	(blanc)**	Longitud de la sèrie temporal*	Pas temporal de la sèrie temporal*	<b>LEC***</b>
Incidències	Descriptor del PCT	Codi de la variable	(blanc)**	Longitud de la sèrie temporal*	Pas temporal de la sèrie temporal*	<b>INC***</b>
Corbes	Descriptor del PCT	<b>CORBA***</b>	Codi variable origen — Codi variable destí	(blanc)**	(blanc)	(blanc)

\* Definit automàticament pel programa.

\*\* Text en blanc.

\*\*\* Text definit automàticament per l'excel de gestió i/o per la importació a HEC-DSSVue.

TAULA 10: INFORMACIÓ DE LES CEL·LES DEL PROGRAMA HEC-DSS

## 4.2. PROCÉS DE VALIDACIÓ

En aquest procés són útils les dades manuals i les dades automàtiques, ja que les dades automàtiques donen els valors diaris o 5-minutals i amb les dades manuals es pot corroborar si la informació que estan transmeten els sensors és correcta i crear les corbes d'aforament.

Com s'ha comentat anteriorment les dades s'enregistren amb el nom del punt de control on s'han gravat, a part de que s'agrupen pel tipus de dada: nivell, cabal, temperatura, etc. Aquestes dades es guarden per mesos, per tant quan s'importen dades al HEC-DSS sempre s'importa un mes com a mínim.

Abans de començar a validar les dades és important crear una estructura de carpetes per cada conca on s'hi emmagatzemaran els següents fitxers:

- Carpeta auxiliar: tots els arxius .txt que es generen de l'Excel de gestió i que serveixen per donar les ordres de validació automàtica a l'arxiu del HEC-DSS.
- Carpeta d'exportació: tots els arxius que s'exportaran al SIX un cop realitzada la validació.
- Carpeta d'importació: tots els arxius que venen del SIX per a validar.
- Carpeta resum: inclou l'arxiu amb els estadístics resum de la validació.
- Arxiu HEC-DSS: arxiu sobre el que es treballarà a la validació automàtica.
- Arxiu de gestió de la conca: contindrà tota la informació de les variables i les relacions entre elles.

La següent Figura 23 mostra l'estructuració dels arxius:

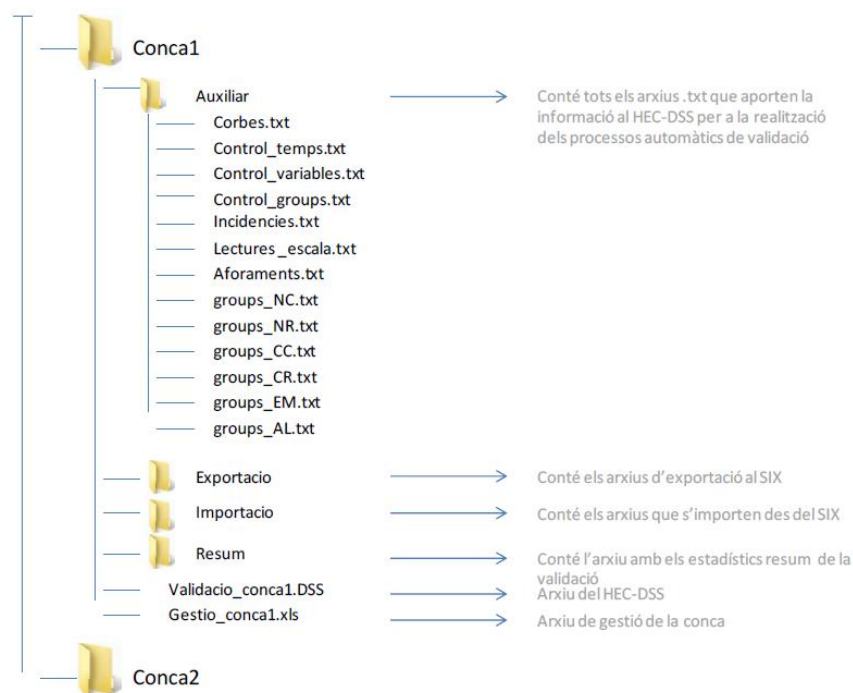


FIGURA 23: ESTRUCTURA D'ARXIS

Dins de la carpeta de cada conca es troben els arxius .dss que emmagatzemen les sèries temporals de variables, aforaments, incidències i lectures d'escala així com les corbes de transformació de les variables directes a variables calculades. Aquests arxius s'anomenen més concretament:

*Validació\_nom de la conca.dss:* conté les sèries i dades relatives a la conca que s'està treballant.

Per tenir una idea de com es validen les dades automàtiques, ja que és el mètode més complex, s'ha nombrat un seguit de passos per tenir-ne una idea general:

1. Crear un nou arxiu amb el nom de la conca que s'està treballant i el mes i any de les dades (p.e.: Validacio\_Muga0911.dss).
2. Importar en aquest HEC-DSS creat les dades procedents de SIX en format WaterML o Excel, depenent del tipus de dada que tinguem.
3. Importar en aquest HEC-DSS les corbes, incidències, aforaments, etc. Mitjançant l'Excel de Gestió corresponent a la conca d'estudi.
4. Iniciar el procediment de validació de dades.
5. Un cop finalitzat el procediment i validades les dades es poden importar a l'arxiu principal de la conca corresponent.

En els dos apartats següents s'explica més detalladament com es validen les dades 5-minutals i les diàries.

#### 4.2.1. VALIDACIÓ DADES 5-MINUTALS

Com ja s'ha explicat, les dades 5-minutals són dades que es graven cada 5 minuts automàticament. Aquestes dades s'emmagatzemen a la base de dades del SIX per ser utilitzades. La Figura 24 mostra un esquema de com es validen les dades 5-minutals:

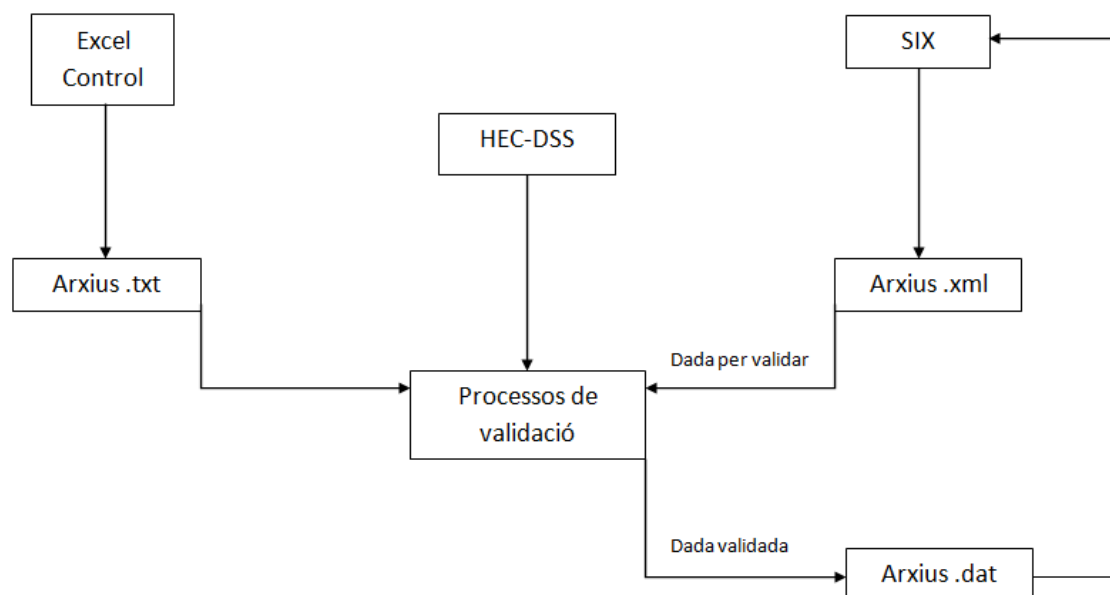


FIGURA 24: VALIDACIÓ DADES 5-MINUTALS

El recorregut de les dades 5-minutals per la seva validació és el de la Figura 24, tal i com s'explica en els següents passos:

1. Emmagatzematge de les dades al SIX.
2. Generació dels arxius.txt des del Excel de control.
3. Importació dels arxius.txt en el HEC-DSS.
4. Importació dels arxius.xml en el HEC-DSS.
5. Processos de validació passant els Scripts i revisant les dades.
6. Importació de les dades validades (arxius.dat) al SIX.

A continuació es desenvoluparan tots aquests passos per entendre millor el procediment de validació de les dades 5-minutals.

Un cop les dades automàtiques són gravades es guarden a la base de dades del SIX per ser utilitzades posteriorment.

El primer pas que farem serà carregar els arxius.txt des del Excel de control, per fer aquest procediment s'obrirà la finestra generació d'arxius (Figura 25) que està ubicada a la pestanya d'inici. Es seleccionen els elements més importants per carregar-los al HEC-DSS, és molt important escriure correctament el mes i l'any que es vol validar. Quan ja es tingui la selecció que es vol es pitja al botó generació dels arxius seleccionats i es crearà el arxiu.txt.



FIGURA 25: FINESTRA GENERACIÓ D'ARXIS

A partir d'aquest pas ja es pot generar un arxiu en el HEC-DSS, s'anomenarà Validacio\_nomconca\_mesany.dss (p. ex: Validacio\_Muga\_0815.dss). I el primer botó que es pitjarà serà el Script de *Importació*, per importar els arxius creats en el Excel de control (arxius.txt). Per tant en el HEC-DSS tindrem les corbes d'aforament, les lectures d'escala i els aforaments, les incidències, etc.

El següent pas és importar les dades 5-minutals extretes del SIX en format WaterML. Per fer aquest procediment es pitjarà en el *Data Entry* → *Import* → *WaterML* tal i com es mostra a la següent Figura 26:

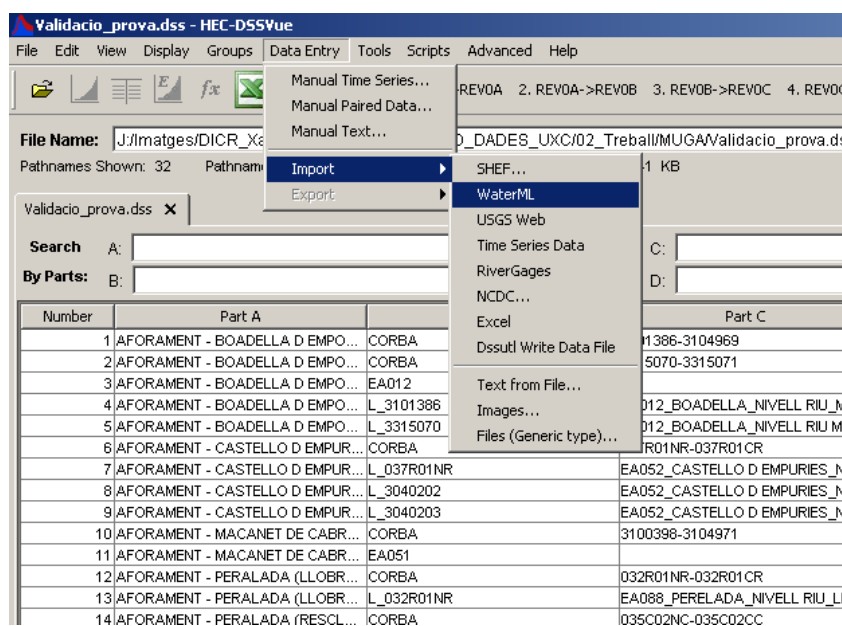


FIGURA 26: IMPORTACIÓ DADES 5-MINUTALS



Seleccionant aquest format s'obrirà una carpeta amb totes les dades guardades pel nom de la conca, el mes i l'any, i es seleccionaran els arxius amb els quals s'estigui treballant per importar-los al HEC-DSS, i així ja es podrà començar a fer la validació.

Amb aquests dos arxius importats, arxiu.txt i arxiu.xml, ja es pot començar la validació de les dades 5-minutals escollides. Per tant el primer pas que farem és passar els Scripts un per un, tal i com es mostra en el següent esquema seqüencial (Figura 27):

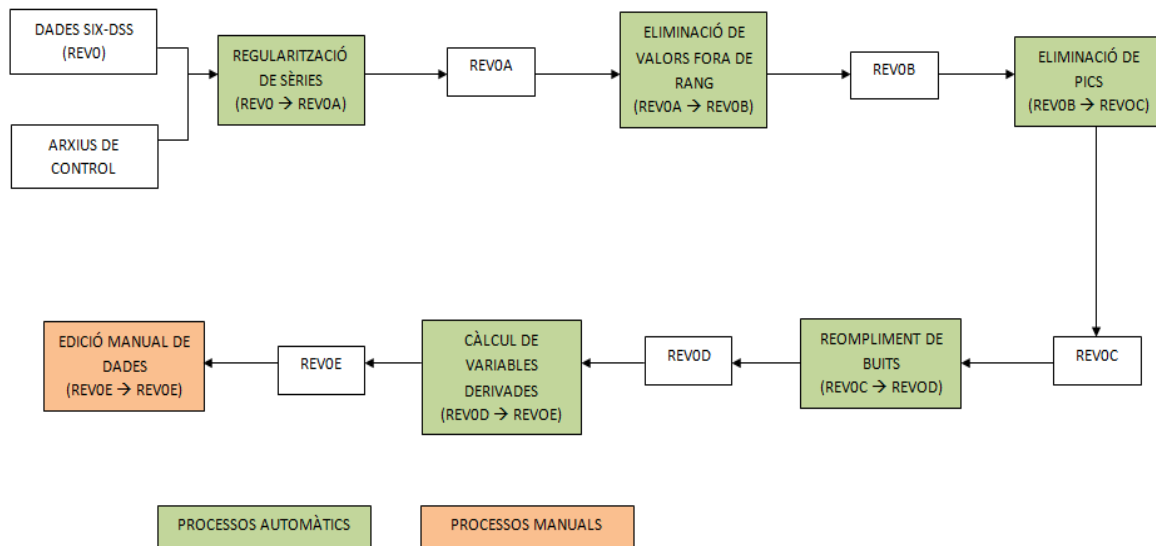


FIGURA 27: SEGUIMENT DELS PRIMERS SCRIPTS

Tots els Scripts són processos automàtics, menys l'últim (edició manual de dades), que és un procés manual, ja que és quan l'encarregat de validar les dades utilitza el HEC-DSSVue per modificar, eliminar o crear dades. Per comprovar que s'ha realitzat correctament l'execució del Script, caldrà anar a la pantalla del programa i observar la columna Part F, allà es podrà veure quins Script s'han completat.

A partir d'aquí ja es pot començar l'edició de dades manual utilitzant les eines del HEC-DSSVue. El que es farà és seleccionar les dades que es vulguin veure gràficament per comprovar si són correctes o si s'han de modificar, com ajuda es poden utilitzar les lectures d'escala i aforaments carregats des de l'Excel de Control, o veure els valors dels pluviòmetres, o utilitzar les dades de les estacions d'aigües amunt i aigües avall per veure si els valors són similars o hi ha molta diferència. Gràcies aquestes dades extres i la coneixença de com són els punts de control es pot fer una bona validació de dades.

Un cop es tinguin seleccionats els punts de control que es vulguin treballar s'utilitzaran els següents botons per veure la seva informació:

- per veure la gràfica es pitjarà el botó , un exemple de la finestra que apareixeria és la Figura 28:

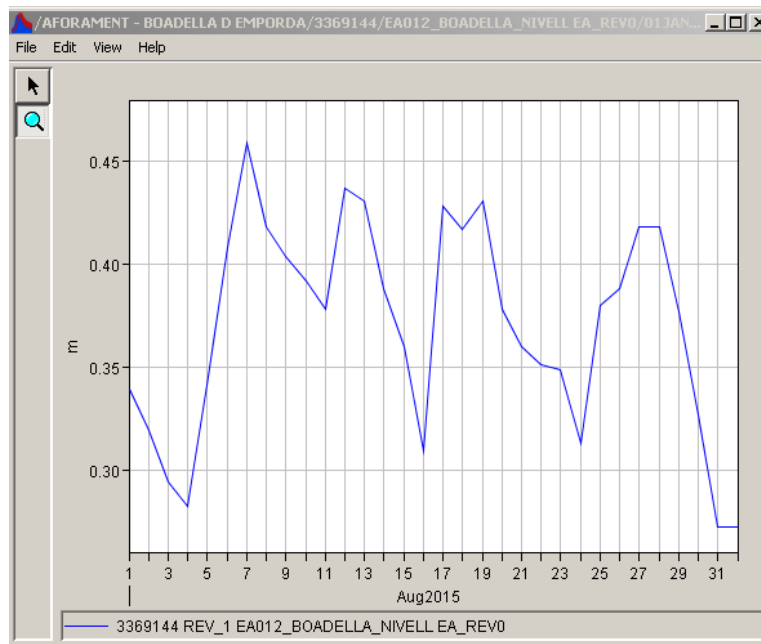



FIGURA 28: GRÀFIC DE LES DADES DIÀRIES DE L'ESTACIÓ D'AFORAMENT DE BOADELLA D'EMPORDÀ AGOST 2015

En aquesta Figura 28 el que es pot observar és una gràfica dels valors de les dades diàries del mes d'agost del 2015 a l'estació d'aforament de Boadella d'Empordà. Només es poden veure els valors de les dades, no es poden modificar, el que si que es pot fer és canviar el format de la línia, fer zoom per veure amb més detall els valors de les dades.


- si el que es vol és veure els valors numèricament , s'obrirà una finestra com la de la Figura 29 següent:

File Edit View Help		
Ordinate	Date / Time	3369144 EA012_BOADEL... REV_1
Units		m
Type		INST-VAL
1	31 Jul 15, 24:00	0.33900
2	01 Aug 15, 24:00	0.31900
3	02 Aug 15, 24:00	0.29400
4	03 Aug 15, 24:00	0.28200
5	04 Aug 15, 24:00	0.34100
6	05 Aug 15, 24:00	0.40800
7	06 Aug 15, 24:00	0.45900
8	07 Aug 15, 24:00	0.41800
9	08 Aug 15, 24:00	0.40400
10	09 Aug 15, 24:00	0.39200
11	10 Aug 15, 24:00	0.37800
12	11 Aug 15, 24:00	0.43700
13	12 Aug 15, 24:00	0.43100
14	13 Aug 15, 24:00	0.38800
15	14 Aug 15, 24:00	0.36000
16	15 Aug 15, 24:00	0.30900
17	16 Aug 15, 24:00	0.42800
18	17 Aug 15, 24:00	0.41700
19	18 Aug 15, 24:00	0.43100
20	19 Aug 15, 24:00	0.37800
21	20 Aug 15, 24:00	0.36000
22	21 Aug 15, 24:00	0.35100
23	22 Aug 15, 24:00	0.34900
24	23 Aug 15, 24:00	0.31300
25	24 Aug 15, 24:00	0.38000
26	25 Aug 15, 24:00	0.38800
27	26 Aug 15, 24:00	0.41800
28	27 Aug 15, 24:00	0.41800
29	28 Aug 15, 24:00	0.37700
30	29 Aug 15, 24:00	0.32700
31	30 Aug 15, 24:00	0.27200
32	31 Aug 15, 24:00	0.27200

FIGURA 29: VALORS DE LES DADES DIÀRIES DE L'ESTACIÓ DE BOADELLA D'EMPORDÀ AGOST 2015

En aquesta finestra es poden veure les dades diàries de l'estació de Boadella d'Empordà l'agost del 2015. En aquest cas si que es podran modificar les dades anant a *Edit*→*Allowed editing*, i el que es podrà fer és eliminar o modificar els valors.

- si el que es vol fer és modificar les dades tant numèricament com gràficament es

pitjarà el botó  i s'obrirà una finestra com la Figura 30:

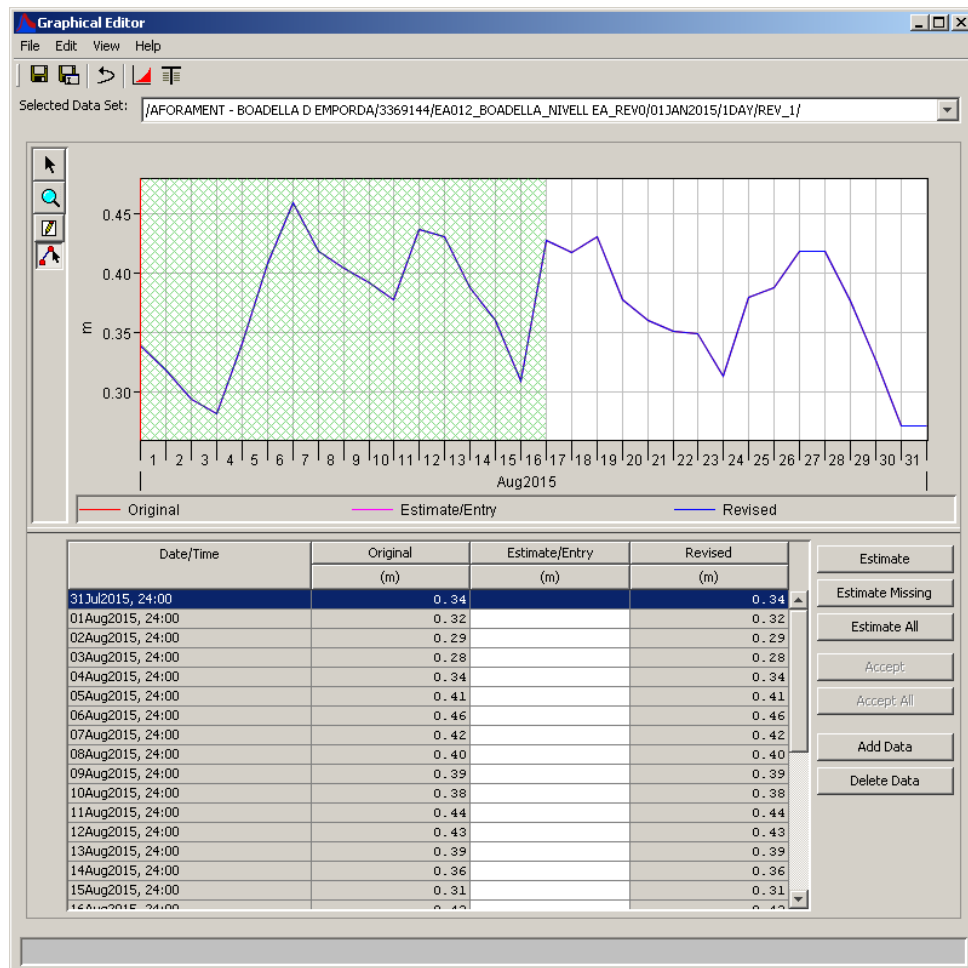
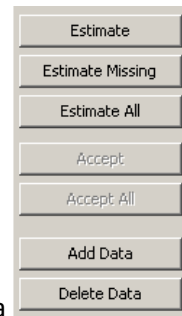


FIGURA 30: VALORS NUMÈRIC I GRÀFICS DE LES DADES DIÀRIES DE L'ESTACIÓ DE BOADELLA D'EMPORDÀ AGOST 2015

Des d'aquí es pot accedir en els altres dos llocs que s'ha explicat, la representació de les dades gràficament o numèricament. En aquesta finestra es poden modificar les dades a partir de la gràfica o a partir dels números. Modificant els números és com s'ha explicat en el cas anterior, i per modificar a partir de la gràfica el que es farà és



utilitzar les eines que hi ha a l'esquerra del gràfic. El primer botó s'utilitza per seleccionar dades (no modifica res), la lupa serveix per fer zoom, el tercer botó s'utilitza per editar un sol punt i l'últim botó per editar diversos punts. A part



d'aquestes eines també s'utilitzen els botons que hi ha a la part dreta. El primer serveix per fer una estimació del valor que estigui seleccionat, el segon el que fa és omplir els buits, i el tercer fa una estimació de tots els valors que hi hagi. Els botons d'*accept* s'utilitzen per acceptar les dades que s'han modificat, es pot fer individualment (*accept*) o per totes les dades (*accept all*). I per últim si es volen crear dies (*add data*) o si es volen eliminar (*delete data*).

La següent Figura 31 mostra com s'utilitzarien els botons explicats:

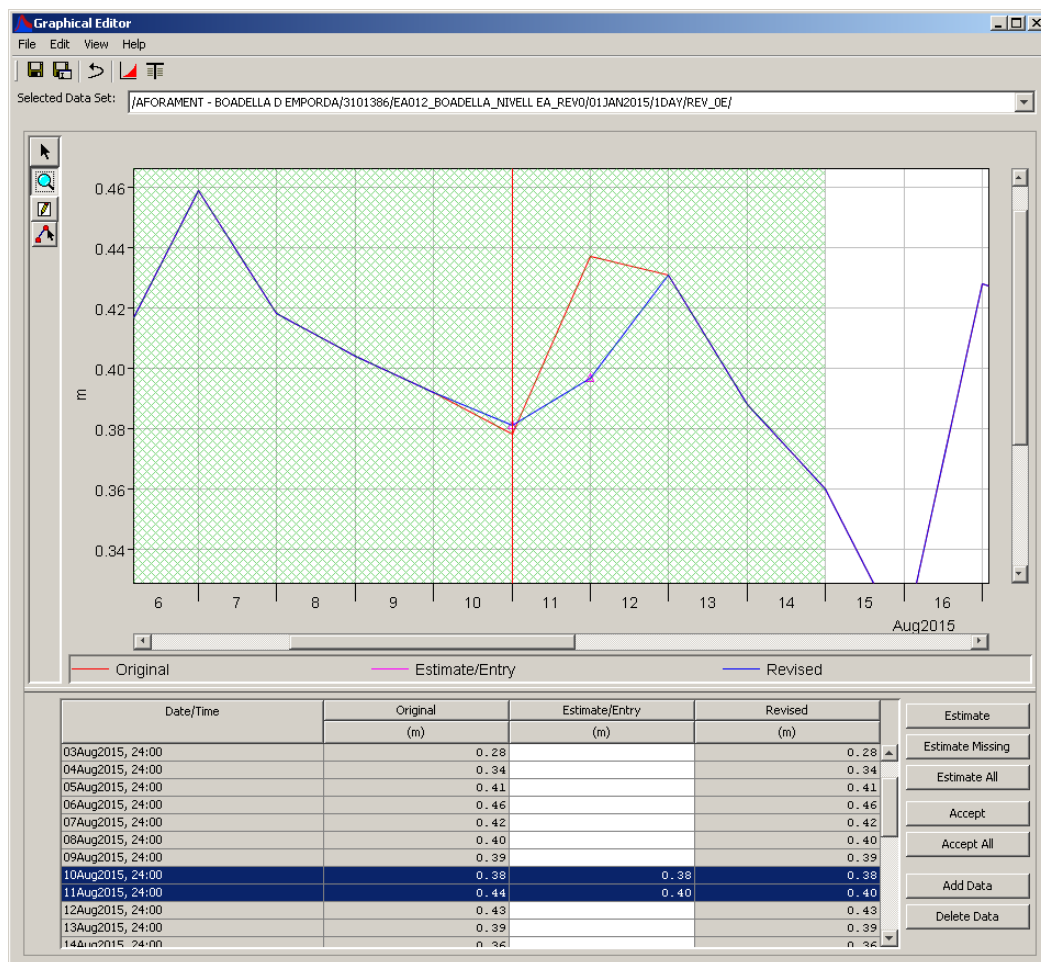



FIGURA 31: MODIFICACIÓ DE LES DADES DIÀRIES DEL AGOST DEL 2015 BOADELLA D'EMPORDÀ

El que s'ha fet en aquesta gràfica és modificar els valors dels dies 10 i 11 d'agost del 2015 a l'estació d'aforament de Boadella d'Empordà. Per fer aquest procediment el



que s'ha fet és pitjar el botó i a continuació seleccionar el valor que li pertoca a la gràfica (segons el criteri del avaluador). Seguidament s'ha pitjat el botó *accept all* (eines al costat dret dels valor numèrics), posant-se de color blau la gràfica que s'ha

creat i de color vermell la gràfica que s'ha d'eliminar, a part els valors que s'han modificat s'han indicat al Excel de sota la gràfica (es poden observar els valors erronis a la columna original, els valors que es volen introduir a la columna *estimate /entry*, i els valors que s'accepten i es consideren bons a la columna *revised*). En el cas de que es volgués corregir un dels dos valors el que es faria és pitjar el botó  i a partir del triangle rosa que surt a les dues dades modificades es podria moure amunt i avall fins trobar el valor que interessa. Quan es tinguin els valors modificats el que s'haurà de fer és guardar els resultats.

Aquestes modificacions sempre es fan amb la REV0E, ja que és l'últim Script abans de validar totalment la dada. La modificació de dades quasi bé sempre es fa amb els valors dels nivells, ja que el cabal es podrà calcular amb la corba d'aforament. Per tant quan s'ha modificat el nivell i es vol calcular el cabal es pot fer de dues maneres:

1. Amb el Script REV0E → CALC\_CP\_CT
2. Seleccionar el nivell modificat i la corba d'aforament que li pertany.  
*Tools → Mathfunctions... → Hydrologic → Operator: RatingTable* (Figura 32)  
 Seleccionar el nivell i Compute.

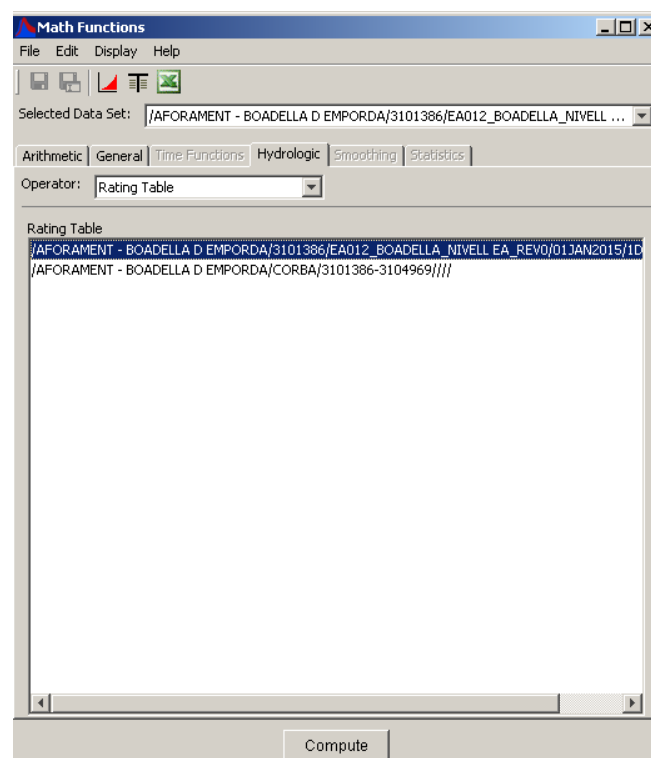


FIGURA 32: CÀLCUL DEL CABAL A PARTIR DEL NIVELL I LA SEVA CORBA D'AFORAMENT

De les dues maneres es pot obtenir el cabal a partir d'un nivell que hagi estat modificat.

Havent modificat tots els valors que es creuen erronis ja es pot acabar de validar la dada. Per tant el que faltaria és acabar de passar els Scripts que queden, com es pot observar a la següent Figura 33:

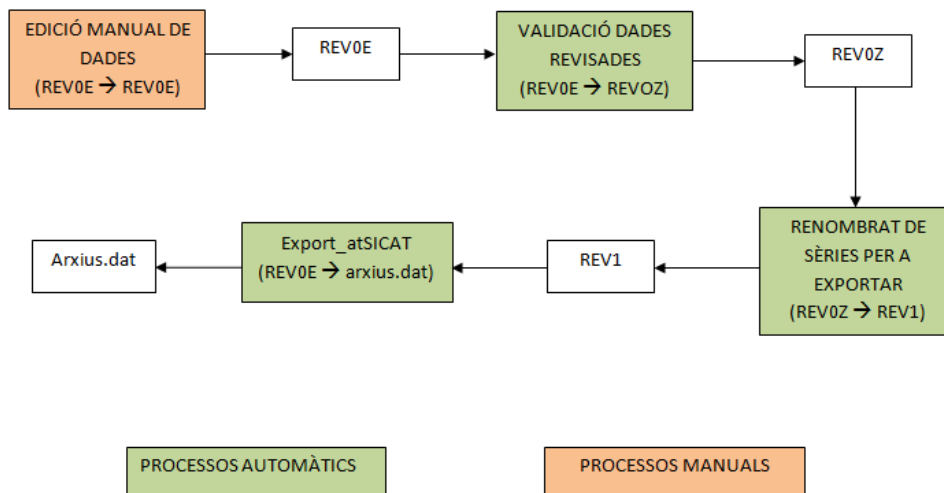


FIGURA 33: SEGUIMENT DELS ÚLTIMS SCRIPTS

L'últim pas serà generar els arxius.dat per poder-los introduir al SIX. Per això el que es farà és passar els dos primers Scripts per obtenir la REV1, aquesta REV1 ja no es pot modificar ja que són les dades que s'exportaran. Per tant només caldrà generar els arxius.dat que es farà amb el Script Export\_atSICAT, aquests arxius s'exportaran automàticament a la carpeta d'exportació i a partir del programa WinSCP es seleccionaran els arxius que es vulguin importar al SIX.

Si aquest mètode no funciona el que s'haurà de fer és crear un Excel amb les dades de la REV1, amb un número de columnes limitat i ordenat (ja que el SIX només llegeix els Excels en un tipus de format). Quan s'hagi generat aquest Excel s'haurà de introduir manualment a la base del SIX. Aquesta manera d'introduir les dades al SIX és molt costosa i comporta molt de temps.

#### 4.2.2. VALIDACIÓ DADES DIÀRIES

El valor de les dades diàries s'extreu de fer la mitjana de les dades 5-minutals de tot un dia. El procés de validació de les dades és idèntic al de les dades 5-minutals excepte al moment d'importar les dades del SIX al HEC-DSS ja que enlloc de fer-se amb WaterML es fa amb Excel. A continuació la Figura 34 mostra el procés de validació de les dades diàries:

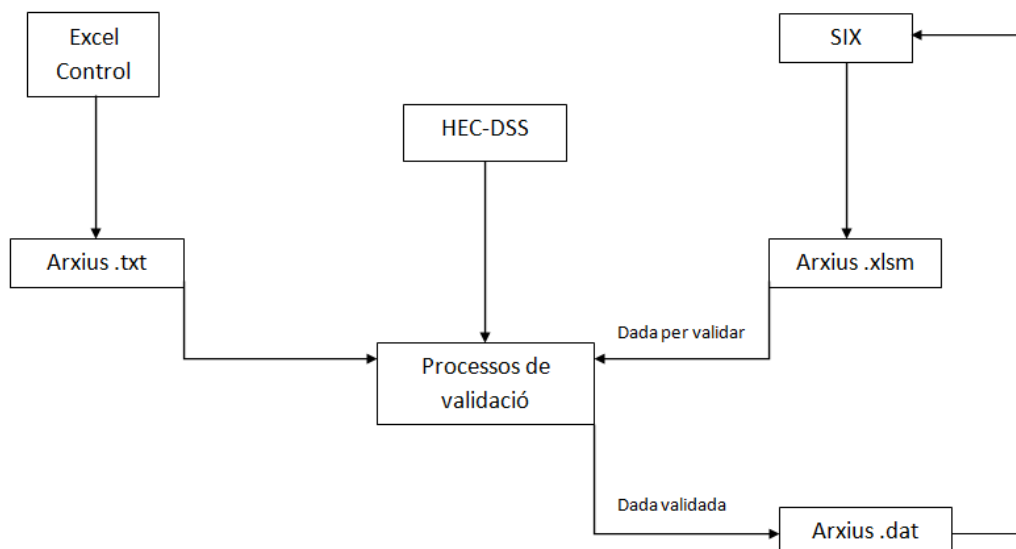


FIGURA 34: PROCÉS DE VALIDACIÓ DE LES DADES DIÀRIES

El recorregut de les dades diàries per validar-les és el següent:

1. Emmagatzematge de les dades al SIX.
2. Generació dels arxius.txt des del Excel de control.
3. Importació dels arxius.txt en el HEC-DSS.
4. Importació dels arxius.xlsm en el HEC-DSS.
5. Processos de validació passant els Scripts i revisant les dades.
6. Importació de les dades validades (arxius.dat) al SIX.

A continuació només es desenvoluparà el punt 4, ja que tots els altres punts ja s'han desenvolupat a l'apartat de validació de dades 5-minutals.

Primer de tot el que es farà és extreure les dades diàries del DATA WAREHOUSE de l'Agència Catalana de l'Aigua. Per entrar-hi és necessari un usuari i una contrasenya, des d'allà s'arribarà a la finestra de la Figura 35 anant a *Document list*→*My favorites*→*Hidro-Geomorfològic*→*Anuari\_conca*:

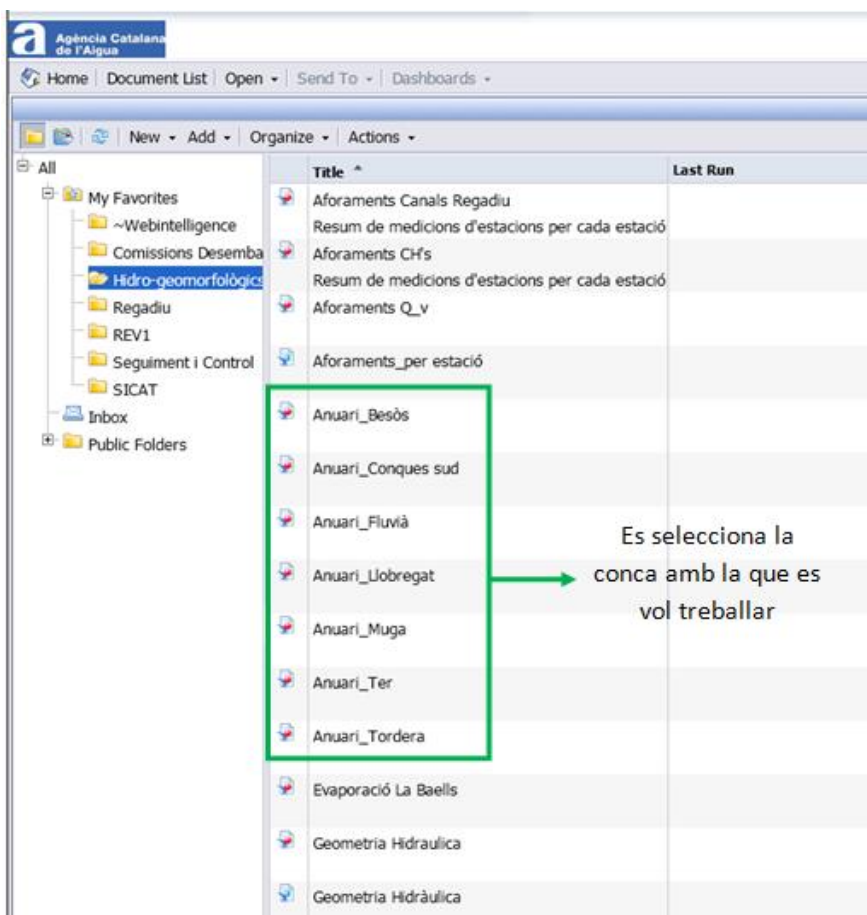


FIGURA 35: FINESTRA DATA WAREHOUSE PER SELECCIONAR CONCA

Selecció d'una conca i introduint els camps en un formulari, es podrà descarregar en format Excel les dades seleccionades. Abans de carregar el Excel al HEC-DSS s'haurà d'arreglar, canviant el format de la data i esborrant totes les columnes i files que no interessin, ja que així serà més fàcil manejar-lo alhora d'introduir-lo en el programa.



Per importar les dades diàries del SIX al HEC-DSSes pitjarà el botó *Data Entry*→*Import*→*Excel*, com es mostra a la Figura 36:

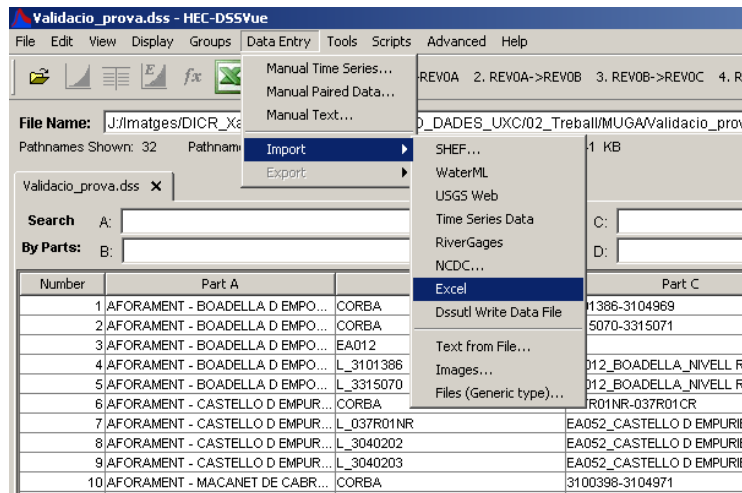


FIGURA 36: IMPORTACIÓ DADES DIÀRIES

Es seleccionarà el Excel de les dades que es vulguin validar i s'obrirà una finestra des del HEC-DSS del Excel que s'ha seleccionat, com la següent Figura 37:

Anuari_Muga_0915										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		E01_Darniu...	E01_Darnius Boad...	E01_Darniu...	E01_Darniu...	E01_Darniu...	EA012_Boa...	EA012_Boa...	EA012_Boa...	EA012_Bo...
2		Embassame...	Embassament de ...	Embassame...	Embassame...	Embassame...	Aforament -...	Aforament -...	Aforament -...	Aforamer
3		026Q09CA	026Q10CA	026Q11CA	026E01NE	026E01VE	3104969	3315071	3101386	3315070
4		m³/s	m³/s	m³/s	m s.n.m.	hm³	m³/s	m³/s	m	m
5	31Aug201...	0.862	0.074	0.063	149.984	34.669	1.063	0.101	0.272	0.21
6	01Sep201...	1.07	0.074	0.068	149.955	34.596	1.309	0.128	0.317	0.227
7	02Sep201...	1.086	0.075	0.066	149.916	34.497	1.205	0.112	0.297	0.217
8	03Sep201...	0.604	0.057	0.052	149.904	34.468	0.558	0.046	0.176	0.168
9	04Sep201...	0.065	0.07	0.065	149.893	34.441	0.378	0.033	0.14	0.16
10	05Sep201...	0.532	0.07	0.064	149.878	34.402	0.746	0.067	0.211	0.185
11	06Sep201...	0.381	0.07	0.063	149.853	34.339	0.594	0.054	0.182	0.175
12	07Sep201...	0.319	0.074	0.063	149.838	34.304	0.529	0.046	0.168	0.169
13	08Sep201...	0.604	0.076	0.063	149.821	34.261	0.806	0.071	0.221	0.187
14	09Sep201...	0.065	0.076	0.064	149.803	34.216	0.222	0.014	0.106	0.141
15	10Sep201...	0.469	0.076	0.063	149.778	34.154	0.74	0.065	0.208	0.183
16	11Sep201...	0.777	0.071	0.063	149.763	34.114	0.896	0.075	0.237	0.192
17	12Sep201...	0.602	0.07	0.063	149.743		0.713	0.08	0.205	0.19
18	13Sep201...	0.582	0.075	0.064	149.73	34.033	0.707	0.065	0.201	0.182
19	14Sep201...	0.579	0.075	0.063	149.704	33.969	0.783	0.07	0.216	0.187
20	15Sep201...	0.613	0.075	0.066	149.678	33.903	0.815	0.073	0.223	0.189

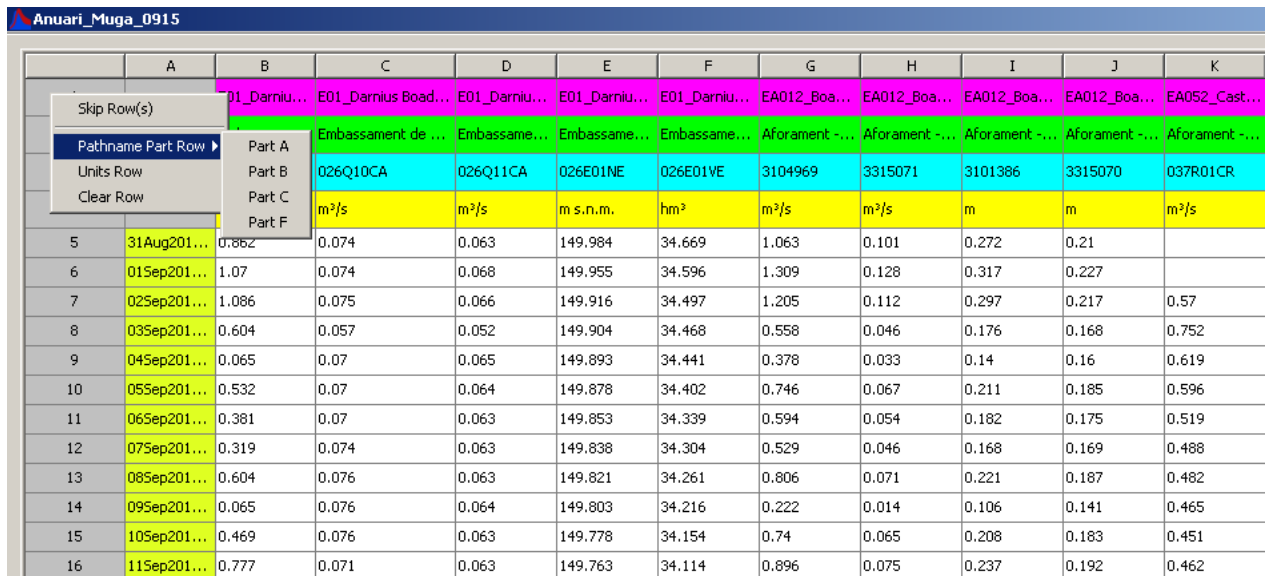
FIGURA 37: EXCEL AMB LES DADES PER IMPORTAR AL HEC-DSS

Ara el que s'haurà de fer és anomenar que és cada fila i columna:

- Segona columna (A)→ data: es pitjarà amb el botó dret la columna A i es seleccionarà data column. Les files 1, 2, 3 i 4 es marcaran com *SkipRow(s)*.
- Primera fila (1) → descripció variable: es pitjarà amb el botó dret a la fila 1 i es seleccionarà *Pathname Part Row*→*Part C*
- Segona fila (2) → punt de control: es pitjarà amb el botó dret a la fila 2 i es seleccionarà *Pathname Part Row*→*Part A*
- Tercera fila (3) → identificador: es pitjarà amb el botó dret a la fila 2 i es seleccionarà *Pathname Part Row*→*Part B*

- Quarta fila (4) → unitats: es pitjarà amb el botó dret a la fila 4 i es seleccionarà *units row*.

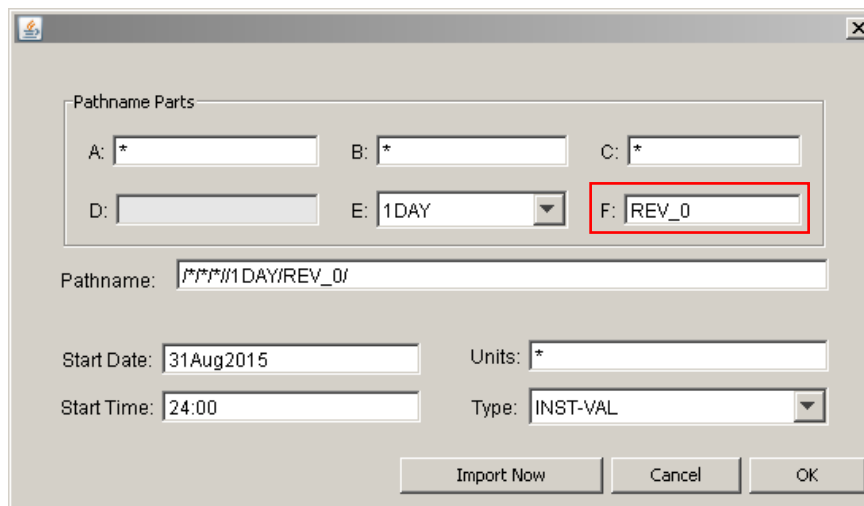
A continuació la Figura 38 mostra com és el Excel després d'haver definit cada part:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		01_Darniu...	E01_Darnius Boad...	E01_Darniu...	E01_Darniu...	E01_Darniu...	EA012_Boa...	EA012_Boa...	EA012_Boa...	EA012_Boa...	EA052_Cast...
		Embassament de ...	Embassame...	Embassame...	Embassame...	Aforament -...	Aforament -...	Aforament -...	Aforament -...	Aforament -...	Aforament -...
		026Q10CA	026Q11CA	026E01NE	026E01VE	3104969	3315071	3101386	3315070	037R01CR	
		m³/s	m³/s	m s.n.m.	hm³	m³/s	m³/s	m	m	m³/s	
5	31Aug201...	0.852	0.074	0.063	149.984	34.669	1.063	0.101	0.272	0.21	
6	01Sep201...	1.07	0.074	0.068	149.955	34.596	1.309	0.128	0.317	0.227	
7	02Sep201...	1.086	0.075	0.066	149.916	34.497	1.205	0.112	0.297	0.217	0.57
8	03Sep201...	0.604	0.057	0.052	149.904	34.468	0.558	0.046	0.176	0.168	0.752
9	04Sep201...	0.065	0.07	0.065	149.893	34.441	0.378	0.033	0.14	0.16	0.619
10	05Sep201...	0.532	0.07	0.064	149.878	34.402	0.746	0.067	0.211	0.185	0.596
11	06Sep201...	0.381	0.07	0.063	149.853	34.339	0.594	0.054	0.182	0.175	0.519
12	07Sep201...	0.319	0.074	0.063	149.838	34.304	0.529	0.046	0.168	0.169	0.488
13	08Sep201...	0.604	0.076	0.063	149.821	34.261	0.806	0.071	0.221	0.187	0.482
14	09Sep201...	0.065	0.076	0.064	149.803	34.216	0.222	0.014	0.106	0.141	0.465
15	10Sep201...	0.469	0.076	0.063	149.778	34.154	0.74	0.065	0.208	0.183	0.451
16	11Sep201...	0.777	0.071	0.063	149.763	34.114	0.896	0.075	0.237	0.192	0.462

FIGURA 38: EXCEL DE DADES DIÀRIES AMB TOTES LES PARTS DEFINIDES

Per acabar d'importar les dades el que es farà és pitjar amb el botó dret el botó de la primera fila i primera columna (el que no té ni número ni lletra) → *select all data column* i s'obrirà la Figura 39:



Pathname Parts

A: \* B: \* C: \*

D: E: 1DAY F: REV\_0

Pathname: /\*/\*/\*1DAY/REV\_0/

Start Date: 31Aug2015 Units: \*

Start Time: 24:00 Type: INST-VAL

Import Now Cancel OK

FIGURA 39: FINESTRA PER IMPORTAR EL EXCEL

Els asteriscs com el que mostren la cel·la A, B, C i units vol dir que ja s'ha assignat un valor per aquesta cel·la, només faltaria definir la cel·la F, que és la que ens diu quin és el Script que ha realitzat, com que aquestes dades són totalment brutes s'escriurà REV\_0. Per tant només caldrà pitjar el botó *import now* i les dades ja estaran introduïdes al HEC-DSS.

Quan ja es tingui tot el Excel importat al HEC-DSS ja es pot començar amb el procés de validació: passar els Scripts fins la REV0E, fer la validació manual a partir de les eines del HEC-DSSVue, passar els Scripts que queden fins la REV1 i exportar aquests resultats al SIX.

### 4.3. MILLORES PER LA VALIDACIÓ DE DADES

Aquest procediment de validació de dades s'ha anat millorant mica en mica, però encara hi ha punts que s'han de modificar per poder tenir una validació de dades més fàcil i ràpida.

A continuació, s'exposa una sèrie de millores que s'han anat observant durant l'evolució de la validació de dades.

El primer punt, i el més important, és tenir un bon manteniment dels punts de control, ja que si no és així les dades poden ser errònies o directament no obtenir dades dels punts de control. Arrel de la crisi van haver-hi moltes estacions d'aforament que van deixar de funcionar. A causa d'aquest problema tots els instruments que hi havia a les estacions d'aforament podia ser que funcionés bé o no, però tampoc hi havia suficient personal com per poder-ho comprovar ni els suficients diners per arreglar-ho. Però mica en mica aquesta situació ha anat millorant, i cada cop les estacions d'aforament tenen un millor manteniment i es van recuperant punts de control que no funcionaven. Un exemple del manteniment dels punts de control seria l'estació d'aforament de Santa Llogaia d'Àlguema de la conca de la Muga, les dades del nivell mai donen valors correctes perquè el terreny s'erosiona molt fàcilment i llavors el sensor mesura malament. El sensor està posicionat en el pont del punt de control, l'altura que té gravada el sensor és la distància entre la seva posició i la del terreny, aquesta altura va augmentant a mesura que el terreny es va erosionant i per això es poden arribar a rebre valors negatius. Una solució per aquest problema seria equilibrar el sensor cada x temps per anar actualitzant la distància que hi ha des del sensor fins el terreny i poder rebre valors correctes.

Aquest punt seria una millora a camp, també ni hauria d'altres com tenir més personal o més poder econòmic, però això depèn de l'Administració. Els aspectes que s'exposen a continuació es refereixen a quan les dades ja han estat enregistrades i ja estan a la base de dades de la ACA.

Del Excel de Control el que es podria millorar és fer un únic Excel, enlloc de tenir un Excel per cada conca i cada tipus de dada. El que es podria fer és a partir d'uns filtres posar la conca amb la que es vol treballar i el tipus de dada, diària o 5-minutal, i així no caldria tenir diversos Excels de Control. A part si només es té el Excel de Control d'una determinada conca i d'un determinat tipus de dada, si el que es vol és crear el Excel de Control d'aquesta conca però de l'altre tipus de dada el que s'ha de fer és canviar el tipus de dada a partir de cada punt de control i guardar el Excel perquè així no s'haurà de tornar a fer. Per exemple, si de la conca de la Muga es té el Excel de control de dades 5-minutals però ara es vol crear el Excel de Control de la Muga de dades diàries, el que s'haurà de fer és des de la pestanya d'inici pitjar el botó gestió de variables i modificar el *Timestep* de cada descripció de variable, tal i com es pot observar a la Figura 40. Per tant si es crees aquest Excel seria més senzill per carregar les dades del Excel de Control i importar-les al HEC-DSS.

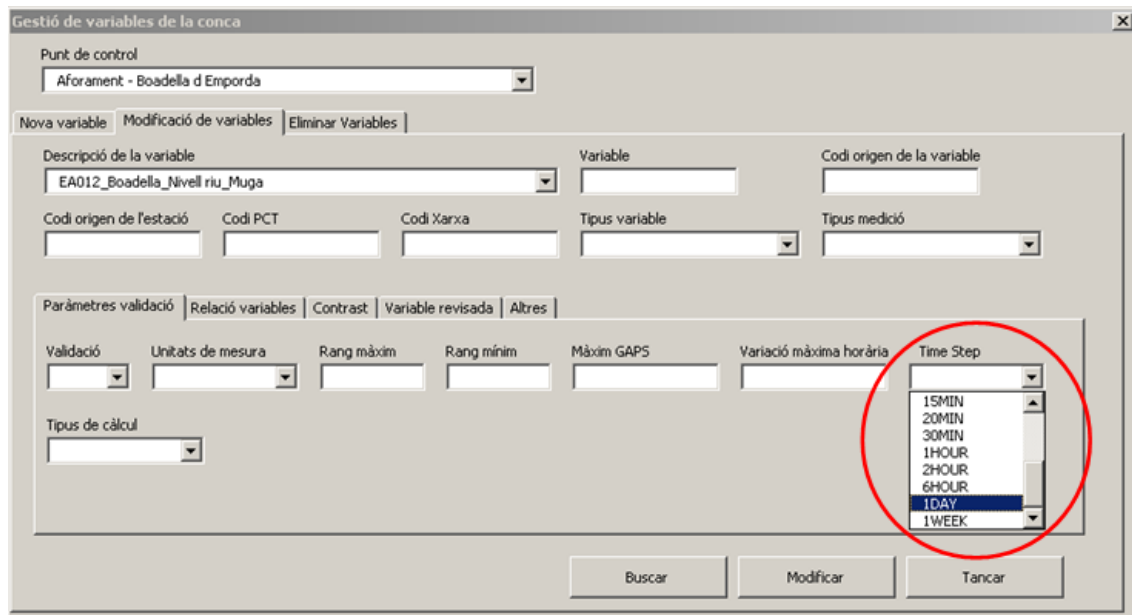


FIGURA 40: MODIFICACIÓ DE LES VARIABLES

Actualment ja s'ha executat aquesta millora, i el que s'ha fet és poder triar si es vol treballar amb dades diàries o 5-minutals des de la generació d'arxius (Excel de control), tal i com es mostra a la següent Figura 41:

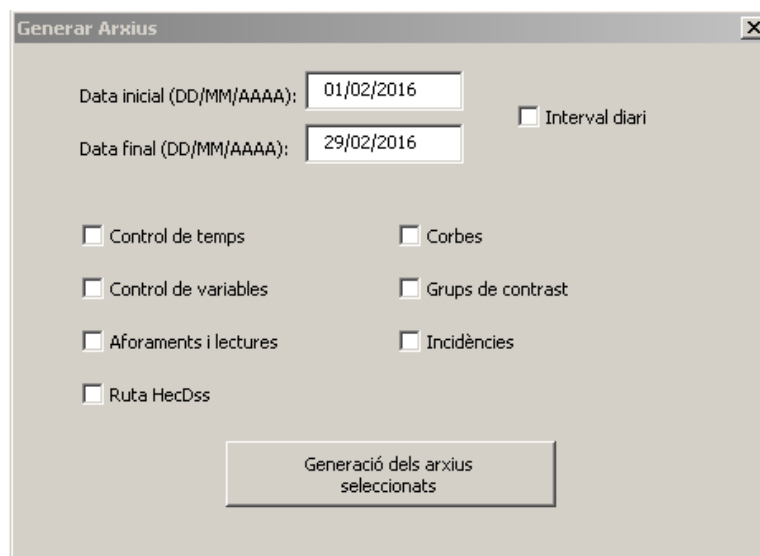


FIGURA 41: GENERACIÓ D'ARXIU DIÀRI O 5-MINUTAL

Per tant si es vol treballar amb dades diàries el que s'haurà de fer és seleccionar la casella interval diari, i si es vol treballar amb dades 5-minutals, no caldrà seleccionar re. A part d'aquesta millora el que s'ha fet és poder carregar més d'un mes, ja que el interval de temps el posa el l'usuari.

Ahora d'importar les dades diàries al HEC-DSS actualment el que es fa és importar-les a partir d'un Excel. Aquest Excel quan s'importa al HEC-DSS el procés és llarg, ja que primer s'ha de descarregar el Excel des del Data Warehouse, s'ha d'arreglar i s'ha d'importar al HEC-DSS fent una sèrie de passos previs per definir cada columna i fila. La millora per aquest procés seria importar les dades amb WaterML, ja que només s'han de seleccionar els arxius que es vulguin treballar i s'importen directament al HEC-DSS.

Els Scripts només presenten problemes quan es carreguen moltes dades en el programa, per exemple quan hi ha dades diàries, al ser una dada per dia el Script funciona molt ràpid, en canvia quan la dada és 5-minutal, com que es grava una dada cada 5 minuts el Script de vegades s'encalla. Per tant s'hauria de fer una revisió dels Scripts i veure en que poden fallar, ja que quan s'ha de carregar la REV0Z i la REV01 de les dades 5-minutals quasi bé mai fa el procés, en canvi amb les dades diàries no té cap problema.

I finalment l'últim pas de la validació de dades també és lent, ja que a partir dels arxius generats amb el Export\_atSICAT s'han d'importar a la base del SIX a partir del programa WinSCP. El mètode ideal seria que quan es generés l'arxiu.dat les dades es dirigissin automàticament al SIX i no es perdés temps en entrar en el programa.

## 5. CAS D'ESTUDI – LA MUGA

En aquest treball es farà una anàlisi de dades hidrològiques de la conca de la Muga. S'ha triat aquesta conca perquè és un cas d'estudi senzill però alhora interessant pels punts de control que té i els rius afluents, a més que és una de les conques que l'ACA té més dades emmagatzemades.

### 5.1. DESCRIPCIÓ DE LA CONCA

La conca de la Muga està situada al nord-est de Catalunya, és un riu pirinenc orientat de nord-oest a sud-est. El seu naixement s'ubica al terme municipal d'Albanyà, a la zona del Pla de la Muga. L'eix principal té una longitud de més de 70km i supera un desnivell total de 1240m. La cota màxima de la conca se situa al límit occidental, al cim del Montnegre (1443 m.s.n.m), prop del naixement de la Muga. La cota mínima és a la desembocadura del curs principal al mar Mediterrani, al sud del nucli d'Empuriabrava.

Pertany íntegrament a la comarca de l'Alt Empordà, exceptuant un petit percentatge que està a la Garrotxa (menys de l'1%) i un altre fragment, inferior al 2% en superfície, que s'ubica a la República Francesa. Tal i com es pot observar a la Taula 11:

	Superfície (km <sup>2</sup> )	Percentatge (%)
Garrotxa	0,67	0,07
Alt Empordà	948,48	98,67
França	12,11	1,26
<b>TOTAL</b>	<b>961,26</b>	<b>100</b>

TAULA 11: SUPERFÍCIE DE LA CONCA DE LA MUGA (FONT: ACA)

L'àmbit de la conca de la Muga engloba tota la conca hidrogràfica del riu Muga i els seus afluents, ocupant una extensió de 961km<sup>2</sup>.

Al llarg del seu recorregut es diferencien 4 trams:

1. Des del naixement fins a l'embassament de Boadella. Aquesta zona es caracteritza per un pendent pronunciat, que provoca un fort corrent d'aigua i una erosió considerable, amb el conseqüent transport de sòlids. Pendent mig de 3,6% i longitud de 36,1km.
2. Des del peu de presa fins a la confluència amb el riu Llobregat. El pendent va disminuint i per tant, es va passant de l'erosió a, únicament, transport de materials. Pendent mig de 0,42% i longitud de 21,4km.
3. Des de la confluència amb el Llobregat fins a la confluència amb el Manol. El pendent segueix disminuint. Pendent mig de 0,23% i longitud de 3,4km.
4. Des de la confluència amb el Manol fins a la desembocadura. El curs baix és on es donen els fenòmens de deposició de materials, formant grans planes al·luvials, inundades de forma periòdica per les crescudes del riu. Pendent mig del 0,1% i longitud del tram de 8,9km.

Entre els principals afluents de la Muga destaquen (Figura 42):

- Riu d'Arnera: desemboca a la Muga pel marge esquerre a l'embassament de Boadella.

- El riu Manol, que inclou les aigües procedents de la riera d'Àlguema, desemboca a la Muga aigua avall del nucli urbà de Figueres.
- La riera de Figueres, que recull el “rec del mal pas”, desemboca a la Muga pel marge dret, a la confluència de la Muga amb el Manol.
- El Llobregat d'Empordà, és el principal afluent de la Muga pel seu marge esquerre i recull de les aigües procedents, entre d'altres, del Ricardell, del Merdanç, l'Orlina i la riera d'Anyet.

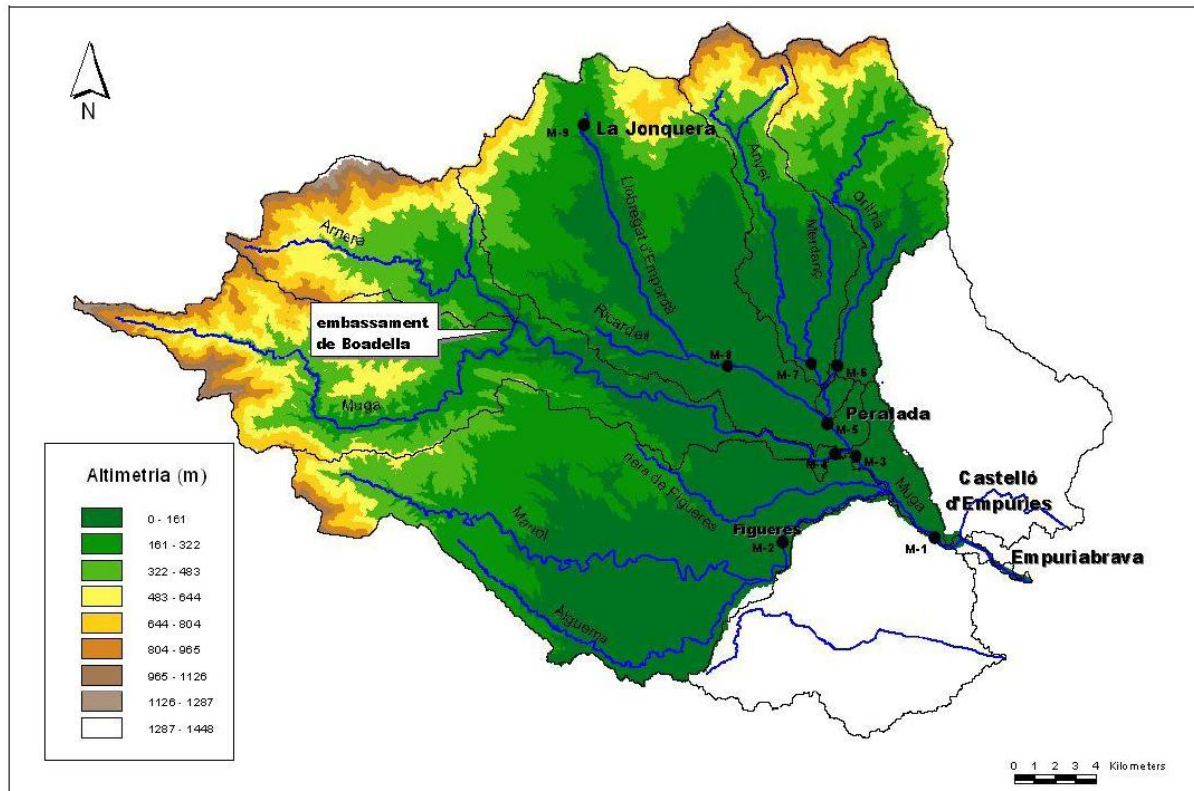


FIGURA 42: PRINCIPALS AFLUENTS DE LA CONCA DE LA MUGA (FONT: ACA)

#### 5.1.1. CLIMA DE LA MUGA

El tipus de clima es distribueix en funció de l'altitud, la latitud i la distància a la costa. L'absència de serralades litorals facilita que la influència marítima tingui presència des de les parts més baixes de la conca fins les zones més elevades, amb petites variacions tèrmiques i pluviomètriques. Per això, el clima mediterrani predomina a la conca de la Muga amb diferents característiques en funció de la situació, tal i com es mostra a la següent Taula 12:

TIPUS DE CLIMA	TEMPERATURA MITJANA ANUAL (°C)	PRECIPITACIONS (mm)	RÈGIM PLUVIOMÈTRIC
Mediterrani litoral	14 – 16	550 – 700	TPHE*
Mediterrani mitja muntanya	12 – 14	750 – 850	PTHE**
Mediterrani alta muntanya	11 – 13	900 – 1250	EPH***

\*TPHE: Tardor, Primavera, Hivern, Estiu



**\*\*PTHE:** Primavera, Tardor, Hivern, Estiu

**\*\*\*EPH:** Estiu, Primavera, Tardor, Hivern

TAULA 12: CLIMA CONCA DE LA MUGA (FONT: ACA)

El règim pluviomètric és el comportament de les pluges durant tot l'any. Per exemple en el cas del clima mediterrani litoral, el règim pluviomètric és TPHE, això vol dir que l'època de l'any que plou més és la tardor i la que plou menys és l'estiu.

La precipitació total anual es distribueix de forma diferent al llarg de l'any, principalment degut a la influència del relleu i del mar. Mentre a la zona més planera i propera a la línia de costa té un règim pluviomètric en el que l'estació de màxima precipitació és la tardor, a les parts més muntanyoses i de menor influència marina el major volum de precipitació es dona a la primavera. Excepcionalment, hi ha una petita regió a la capçalera de La Muga on el major volum de precipitació és a l'estiu. Tot això es pot veure a la Figura 43:

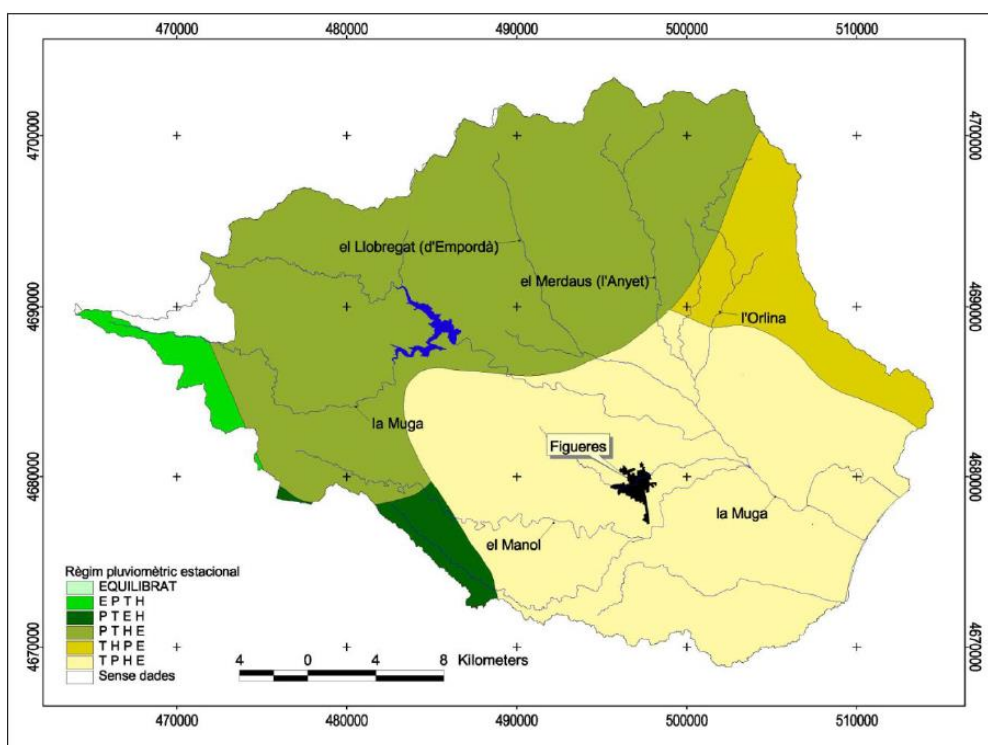


FIGURA 43: RÈGIM PLUVIOMÈTRIC ESTACIONAL DE LA CONCA DE LA MUGA (FONT: ACA)

La precipitació mitjana anual s'incrementa a mesura que disminueix la influència del mar, variant segons el tipus de clima. Així, a les capçaleres dels cursos fluvials, amb clima mediterrani d'alta muntanya, plou uns 1200mm anuals. A la franja litoral, corresponent a la regió climàtica mediterrània litoral, aquesta quantitat es redueix fins als 600mm.

La Figura 44 es pot observar la diferència en la precipitació mitjana anual en funció de la situació de l'estació. A l'embassament de Darnius Boadella és on plou més, mentre que a Figueres és el indret on es detecten els valors més similars a la franja de la costa.

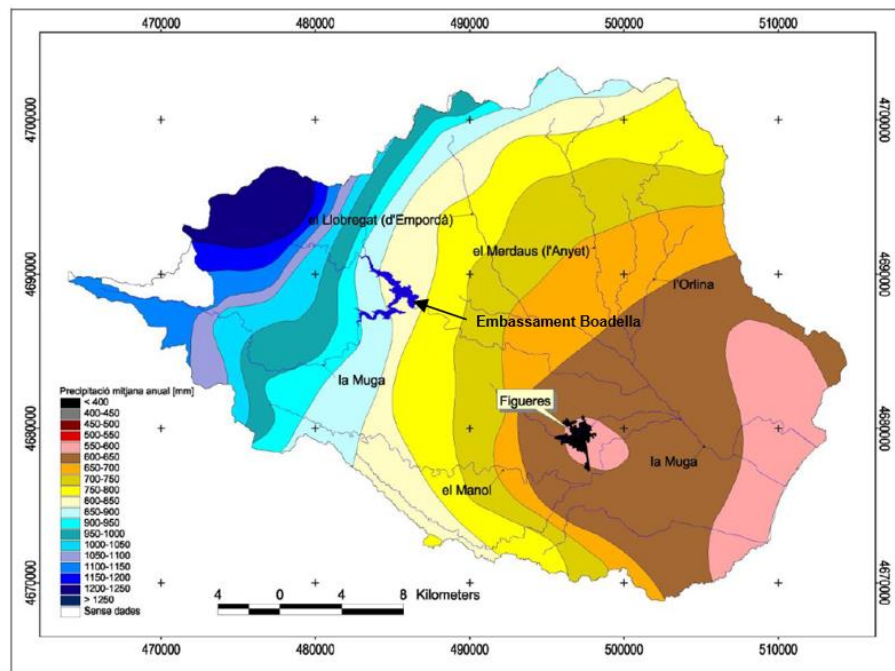
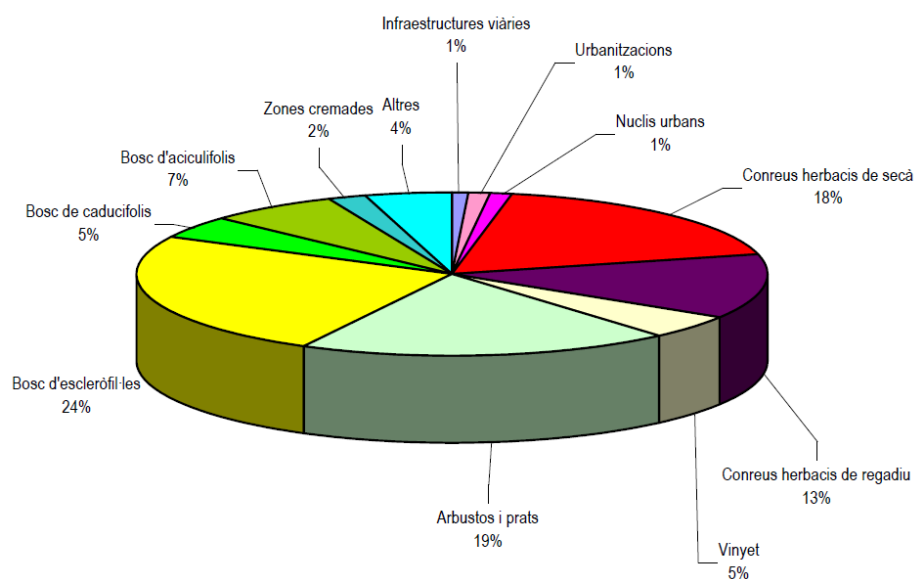


FIGURA 44: PRECIPITACIÓ MITJANA ANUAL DE LA CONCA DE LA MUGA (FONT: ACA)

En general, el règim tèrmic de la conca de la Muga té poques oscil·lacions. La temperatura es manté suau el hivern, amb la mitjana de les mínimes per sobre de 0°C. A l'estiu és elevada, fruit de la influència del clima mediterrani, amb temperatures mitjanes de les màximes al voltant dels 30°C a les estacions de mitja muntanya. La variació diària entre la temperatura mínima i màxima a la conca de la Muga és relativament baixa, com a conseqüència de la influència del Mediterrani. Existeix una franja central al nord-oest de Figueres on la oscil·lació tèrmica és màxima, situant-se entre 17 i 18°C.

#### 5.1.2. USOS DEL SÒL

La conca de La Muga hi predominen els usos del sòl del tipus agrícola i les formacions vegetals escleròfil·les i arbustives. Els terrenys que conformen la plana de l'Alt Empordà són fèrtils, i en els darrers anys s'han transformat els antics conreus de secà en explotacions intensives de regadiu. En el Gràfic 2es pot observar els percentatges d'ocupació per a cada ús del sòl:



GRÀFIC 2: PERCENTATGE D'OCCUPACIÓ PER A CADA ÚS DEL SÒL (FONT: ACA)

### 5.1.3. ÚS DE L'AIGUA

Pel que fa a l'abastament de la població s'utilitzen dues fonts: l'aigua de l'embassament de Boadella i les reserves dels aquífers de la Muga baixa i mitja.

La regulació de cabal circulant per part de l'embassament de Boadella es calcula entorn dels  $140 \text{ hm}^3/\text{any}$ . La finalitat de l'embassament és la regulació del riu Muga, per garantir el subministrament d'aigua a una zona de regadiu de  $12000 \text{ ha}$ , el proveïment a la ciutat de Figueres i el seu entorn, i la producció d'energia hidroelèctrica, així com la protecció davant les avingudes. També existeixen usos recreatius com els que explota el club nàutic. Els usos a què es destina l'aigua es divideixen en:

- Agricultura: 58%
- Abastament urbà: 22%
- Requeriments ambientals: 12%
- Usos industrials: 8%

L'embassament subministra aigua a: Figueres, les comunitats de regants, la urbanització d'Empuriabrava i els municipis de Roses i Cadaqués, el club de Golf de Peralada i el municipi de Llançà. La demanda actual per a abastament d'aigua procedent de l'embassament de Boadella és de  $3\text{-}4 \text{ hm}^3/\text{any}$  per a la ciutat de Figueres i municipis adjacents, i de  $7\text{-}8 \text{ hm}^3/\text{any}$  pels municipis de la costa Brava Nord.

El consum mitjà diari a Figueres i Roses és de  $10000$  i  $5000 \text{ m}^3$  respectivament. En època estival la població de Roses pot tenir uns consums de 2,5 vegades superior. En el cas de Peralada, i amb les noves instal·lacions com el camp de golf, es calcula una demanda diària mitjana del municipi en uns  $1500 \text{ m}^3$ , que es satisfà des de l'embassament de Boadella.

La insuficiència de cabals per a abastament genera iniciatives aïllades de captació dels aquífers, el ritme d'explotació de les aigües subterrànies és mes constat que el d'utilització d'aigua superficial. Les captacions de l'aquífer de la Muga mitja a Peralada serveixen per a abastir els municipis de la zona de l'Albera, com la Jonquera, Espolla, Masarac, Agullana, Sant Climent Sescebes i Capmany. També se'n beneficien els municipis de Garriguella, Pau, Palau-saverdera i Vilajuïga.

La resta de municipis s'abasteixen de pous municipals propis, amb volums d'extracció estimats en  $5 \text{ hm}^3/\text{any}$ .

### 5.1.4. RECURS D'AVINGUDES HISTÒRIQUES

La conca de la Muga és propensa a patir inundacions amb certa periodicitat, degut principalment a les seves característiques pluviomètriques extremes, a les seves particularitats geomorfològiques i a la modificació del territori per part de l'home.

A les estacions d'aforament de la Muga a Castelló d'Empúries i de Boadella d'Empordà s'ha obtingut una estimació dels valors de cabal màxim instantani ( $Q_{ci}$ ), cabal mig diari ( $Q_c$ ) i el cabal específic màxim instantani ( $Q_{eci}$ ) durant els episodis d'inundació històrics. Aquests es mostren a la següent Taula 13:

Riu	Indret	Data	Qci (m <sup>3</sup> /s)	Qc (m <sup>3</sup> /s)	Qeci (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )
Muga	Castelló d'Empúries (760 Km <sup>2</sup> )	12 oct. 1907	1140	600	1,5
		Oct. 1940	1200	600	1,6
		Oct. 1970	1100	500	1,4
		21 nov. 1961	1150	-	1,5
		Oct. 1965	1350	-	1,8
		Oct. 1970	1100	-	1,4
		3 oct. 1972	350	114	0,5
		20 maig 1977	450	255	0,6
		19 gener 1979	640	225	0,8
		Febrer 1982	1200	950	1,6
		1 març 1986	630	270	0,8
		4 des 1987	727	393	0,9
		1 des 1989	468	277	0,6
		9 maig 1991	351	145	0,5
		10 oct. 1994	416	120	0,6
		28-29 gen. 1996	507	436	0,7
		23 des 2000	290	150	0,4
		3 abril 2002	802	305	1,1
		17 oct. 2003	229	54	0,3
		16 abril 2004	643	360	1
	Boadella d'Empordà (179 Km <sup>2</sup> )	12 oct. 1907	390	145	2,2
		Set. 1913	398	166	2,2
		14-15 des. 1932	245	-	1,4
		Oct. 1940	355	148	2
		Set-oct. 1959	340	164	1,9
		21 nov. 1961	360	215	2
		13 set. 1963	350	136	2
		20 oct. 1965	423	109	2,4
		Oct. 1971	219	-	1,2
		4 des. 1987	661	193	3,7

TAULA 13: CABAL MÀXIM A LES INUNDACIONS HISTÒRIQUES (FONT: ACA)

## 5.2. DESCRIPCIÓ DE LES ESTACIONS

La conca de la Muga té els següents punts de control:

- Sant Llorenç de la Muga (EA050)
- Maçanet de Cabrenys (EA051)
- Embassament de Darnius – Boadella (E01)
- Boadella (EA012)
- Pont de Molins (EA 125)
- Pont de Molins – Sorrer esquerra (C4069)
- Pont de Molins – Sorrer dret (C4071)
- Peralada – Llobregat de la Muga (EA088)
- Santa Llogaia d'Àlguema (EA082)
- Vilanova de la Muga (EA048)
- Castelló d'Empúries – Rec del Molí (C4052)
- Castelló d'Empúries (EA052)



Aquestes estacions d'aforament es troben situades en diversos punts de la conca de la Muga. El primer punt de control del riu Muga està situat abans del embassament i es troba situat a Sant Llorenç de la Muga. Pel nord la Muga rep l'afluent del riu Arnera que desemboca a la Muga pel marge esquerra de l'embassament i té el punt de control de Maçanet de Cabrenys.

Passat l'embassament està situada Boadella de l'Empordà on tenim el punt EA12, per tant és la primera estació d'aforament després del embassament. A continuació es troba Pont de Molins, que es bifurca en dos canals Sorrer esquerra (es desvia per l'abastament de Roses) i Sorrer dret (va als aiguamolls d'Empordà).

El riu afluent Llobregat d'Empordà (afluent pel marge esquerra) inclou el punt de control de Peralada. Així es pot tenir controlat els nivells i cabals que vénen per la banda esquerra de la conca.

A continuació està ubicat el punt de control de Vilanova de la Muga i la Resclosa de Rec del Molí. Abans d'arribar al punt de control de Castelló d'Empúries, pel marge dret hi ha dos afluents, el riu Manol i la riera de Figueras. En el riu Manol està situat el punt de control de Santa Llogaia. I l'últim punt de control és Castelló d'Empúries, ubicat al riu Muga.

La Figura 45 mostra la ubicació aproximada dels punts de control:



FIGURA 45: UBICACIÓ PUNTS DE CONTROL CONCA DE LA MUGA

Per la realització d'aquest treball i per fer un anàlisi de dades s'ha treballat amb els punts de control de l'Embassament de Darnius – Boadella (E01), Boadella (EA012), Peralada (EA088) i Castelló d'Empúries (EA052). Ja que són els punts de control que han tingut un millor manteniment i a conseqüència d'això hi ha més dades enregistrades. En els períodes que hi havia més dades d'altres punts de control també s'han utilitzat per poder fer una anàlisi més detallada, com serien els punts de control de Santa Llogaia d'Àlguema i Pont de Molin.

A continuació es fa una breu explicació de cada punt de control.

### 5.2.1. EMBASSAMENT DE DARNIUS - BOADELLA

L'embassament de Darnius – Boadella està situat a la pròpia llera del riu Muga, immediatament aigües avall de la seva confluència amb el riu Arnera, al que rep pel seu marge esquerre. Està ubicat dins del terme municipal de Darnius, comarca de l'Alt Empordà, província de Girona.

La presa de Boadella (Figura 46) és una presa de gravetat de planta recta construïda amb formigó i distribuïda en quinze blocs connectats per juntes dentades cada setze metres. La longitud en planta de la presa és de 235,4 m, la seva altura respecte els fonaments s'eleva a 62,98m i respecte la llera 53,90m, la cota de coronació de la presa és de 160 msnm i 9m d'amplada. L'embassament té una capacitat útil de 61 hm<sup>3</sup> (cota=158,25 màx NAMO: Nivell d'aigües màximes d'operació).

A l'estrep esquerra de la presa té un dic de tancament (Els Fangots) de longitud 170 m i de planta recta, amb formigó en el nucli i espigó d'escullera aigües amunt i de terres aigües avall. I al turó del marge dret té un dic de tancament (Mola Truncada) de longitud 71,80m i de planta recta construït amb formigó.

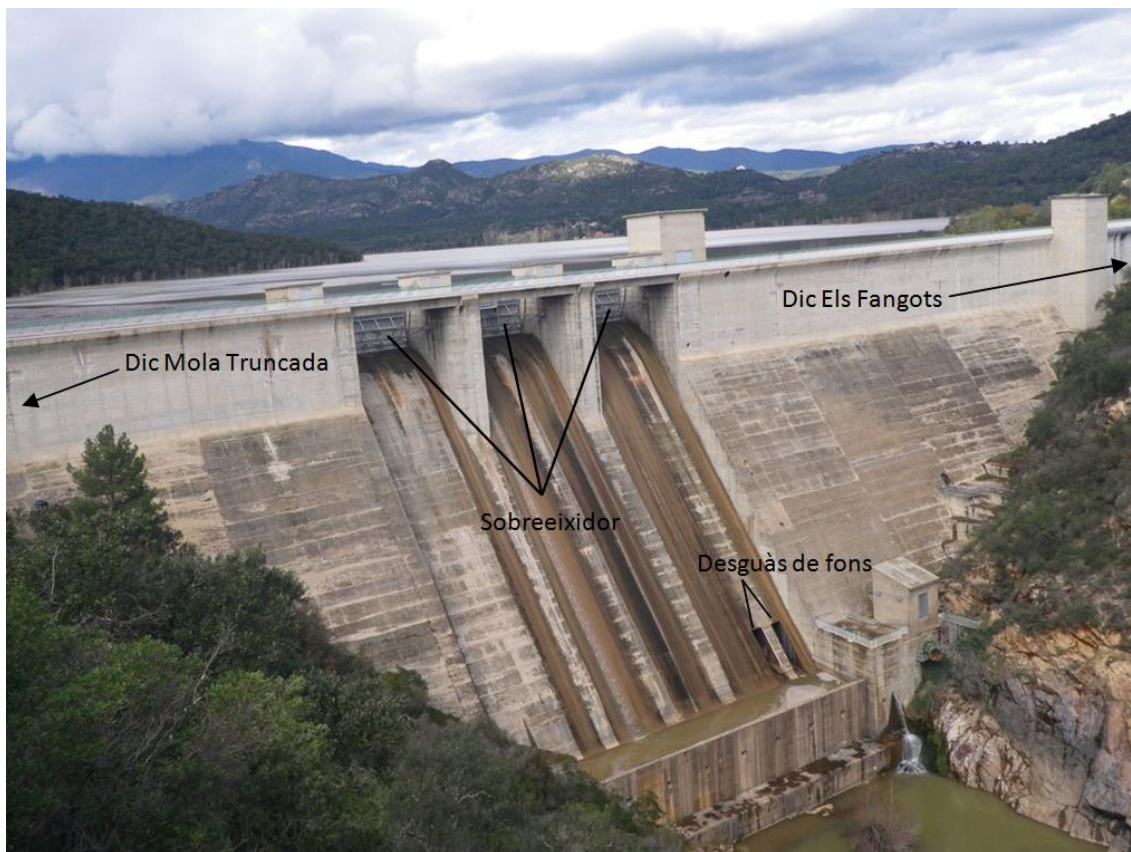


FIGURA 46: EMBASSAMENT DE BOADELLA (FONT:ACA)

El sobreeixidor està situat a la part central del cos de la presa, té 3 comportes metàl·liques de tipus Taintor de 12 m cadascuna, amb obertura manual o electromecànica. Les obertures estan separades entre si per dues piles centrals de 4m d'amplada i un tallamar arrodonit tal i com es mostra a la Figura 47 i a la Figura 48. La capacitat de desguàs quan l'embassament està al seu NAMO és de 657 m<sup>3</sup>/s.





FIGURA 47: SOBREEIXIDOR EMBASSAMENT DE BOADELLA (FONT: PRÒPIA)



FIGURA 48: COMPORTA DEL SOBREEIXIDOR (FONT: PRÒPIA)

La presa de Darnius – Boadella disposa d'una densa xarxa de galeries d'inspecció:

- La galeria 1 es troba situada a la cota 143 i travessa longitudinalment la presa. Enllaça amb la galeria 5, la qual travessa la presa transversalment.
- La galeria 2 es situa a la cota 128 i travessa longitudinalment la presa.
- La galeria 3 es troba situada a la cota 113 i travessa longitudinalment la presa. Està enllaçada amb les galeries 6 i 7 que es troben situades transversalment i que connecten amb la galeria 4, situada longitudinalment.

El desguàs de fons consta de dos conductes rectangulars d'aproximadament 37m de longitud, situats al bloc 9 del cos de presa. La secció és rectangular d'1 m de base i 2 m d'altura. La sortida dels desguassos de fons es produeixen al trampolí del sobreeixidor al peu de la ràpida i la capacitat total és de 83 m<sup>3</sup>/s.

El túnel de descàrrega de mig fons està situat a la cota 119m. La seva embocadura és una transició de secció de 4,5 x 6,20 m<sup>2</sup> a la del conducte de 1,8 m<sup>2</sup>. La derivació cap a la central hidroelèctrica consisteix en una conducció de 1800mm de diàmetre, que enllaça amb la canonada forçada de la central mitjançant una reducció cònica.

Durant la construcció es va disposar un desguàs que travessava el tap del túnel de desviament. Aquest desguàs està situat al túnel de desviament, sobre l'extrem esquerra de la galeria



número 3, situat aproximadament a la cota 110m. Consisteix en un conducte circular d'acer inoxidable de 600mm de diàmetre i de 160m de longitud. El cabal màxim és de  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  per al NAMO estacional de l'embassament.

### 5.2.2. BOADELLA D'EMPORDÀ

L'estació d'aforament de Boadella està situada en el municipi de Boadella d'Empordà, a pocs quilòmetres de la desembocadura de l'embassament de Boadella.

L'estació d'aforament està composta per tres sectors, un d'aigües baixes, un d'aigües mitjanes, i un d'aigües altes. Té una longitud de 12 m i també inclou una escala de peixos que dona continuïtat al flux per tot el rang de cabals. A continuació la Figura 49 mostra la ubicació de cada sector:



FIGURA 49: PUNT DE CONTROL BOADELLA (FONT: ACA)

El funcionament hidràulic per sectors és el següent:

0	≤	Q	≤ 0,100 m <sup>3</sup> /s	→	escala de peixos
0,100	≤	Q	≤ 4,125 m <sup>3</sup> /s	→	cabals baixos
4,125	≤	Q		→	cabals alts

El sector d'aigües baixes consisteix en un canal de 12 m de longitud i 4 m d'ampla. Està situat en el centre de l'estació amb cota de 84,65 m. El flux accedeix al canal mitjançant una rampa de 2 m de longitud amb cota a peu de rampa de 84,5 m. El canal presenta un esglaó a l'extrem aigua avall amb cota 84,80 m, tal i com es pot observar a la Figura 50:



FIGURA 50: SECTOR D'AIGÜES BAIXES (FONT:ACA)

El sector d'aigües mitjanes està situat a banda i banda del canal d'aigües baixes. Té una longitud de 12 m i el conjunt canal d'aigües baixes – canal d'aigües mitjanes té un ample de 15 m. La cota del canal d'aigües mitjanes és constatat en tota la seva longitud, 85,50 m. Presenta una pendent del 2% transversal per afavorir la transició de l'aigua cap al sector d'aigües baixes. La cota al sector d'aigües mitjanes varia transversalment entre 85,50 i 85,60 m.

El sector d'aigües altes se situa a banda i banda del sector d'aigües mitjanes. El mur té una longitud de 12 m i entronca amb el terreny amb murs aleta.

El pas per a peixos es troba al marge dret, l'amplada és d'un metre en tota la seva longitud. La morfologia de l'escala de peixos és adequada per a la presència d'anguiles, i barb de muntanya. S'ha dissenyat mitjançant estanys successius tal i com es pot veure a la Figura 51:



FIGURA 51: ESCALA DE PEIXOS (FONT: ACA)

### 5.2.3. PERALADA

L'estació d'aforament de Peralada es troba el riu Llobregat de la Muga al mateix municipi de Peralada.

L'estació consta de tres parts: aigües baixes, aigües mitjanes i aigües altes. Aigües altes aconseguix una cota de 5,70m, aigües mitjanes pel que fa a la banda dreta té una cota de 92cm i a banda esquerra una cota de 54cm, i aigües baixes està a cota 0. La Figura 52 mostra com és el punt de control de Peralada:



FIGURA 52: PUNT DE CONTROL PERALADA (FONT:ACA)

#### 5.2.4. CASTELLÓ D'EMPÚRIES

L'estació d'aforament de Castelló d'Empúries està situada sota el pont de Tres Ulls que comunica la carretera de Figueres a Roses amb el carrer de Santa Clara sobre el riu Muga a Castelló d'Empúries.

L'estació consta de tres parts diferenciades: el pas de peixos, el canal d'aigües baixes i el canal d'aigües mitjanes, tal i com es pot observar a la següent Figura 53:

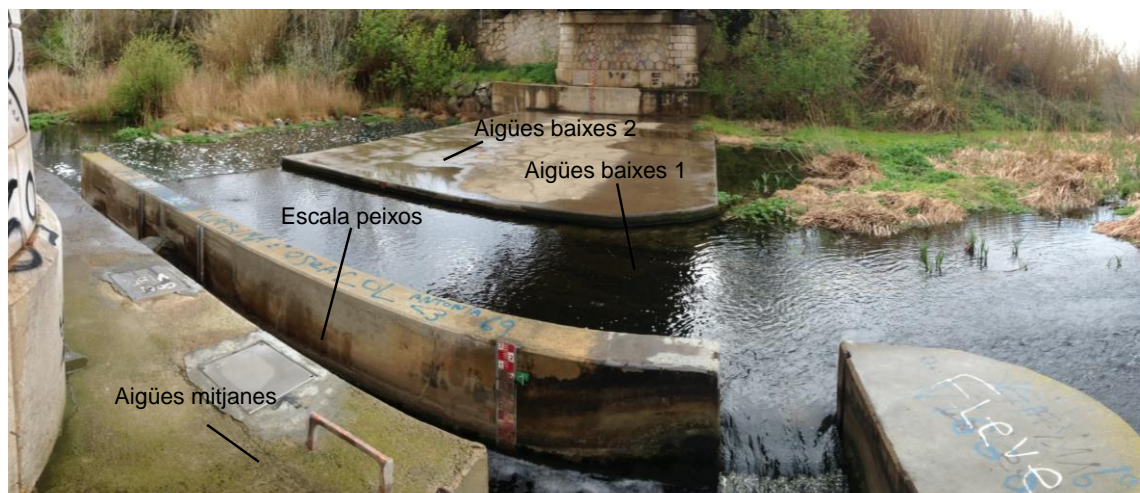


FIGURA 53: SECTORS PUNT DE CONTROL CASTELLÓ D'EMPÚRIES (FONT: PRÒPIA)

L'escala de peixos està situat a l'Ull 1, al costat de la primera pila. A banda de facilitar a la ictiofauna i els macroinvertebrats a superar el desnivell i l'obstacle que suposa la presència del pont al riu, aquesta estructura serveix per a mesurar els cabals entre 0 i 0,20 m<sup>3</sup>/s (cabals de supervivència).

A capçalera es defineixen dos sobreeixidors laterals d'un metre d'amplada a cota +2,70, i un forat d'un diàmetre de 300mm per a permetre el flux d'aigua i evitar sedimentacions. El pas de peixos acaba en una piscina de 2 metres de longitud i 4,5 metres d'amplada a fi i efecte de suportar el ressalt hidràulic que s'ha de produir en aquest punt, desviant el flux cap a la part central de l'Ull 1. Tot això pot observar a la Figura 54:





FIGURA 54: ESCALA DE PEIXOS CASTELLÓ D'EMPÚRIES (FONT: PRÒPIA)

El canal d'aigües baixes troba situat a l'Ull 1 al costat del pas de peixos, es tracta d'un primer canal (al costat de l'escala de peixos) de 5,25 m d'ample i una cota superior de sobreeximent de 2,85 m (aigües baixes 1) i un segon (al costat de l'estrep) de 18,07 m d'ample i una cota superior de sobreeximent de 3,10 m (aigües baixes 2). Cadascun permet mesurar cabals per sobre de 0,20 m<sup>3</sup>/s pel canal d'aigües baixes 1 i per sobre de 2,73 m<sup>3</sup>/s pel canal d'aigües baixes 2 abans que l'aigua comença a sobreexir pel canal d'aigües mitjanes (10,72 m<sup>3</sup>/s).

A la següent Figura 55 es poden observar els dos canals d'aigües baixes, com s'ha explicat el canal d'aigües baixes 1 està situat al costat de l'escala de peixos:



FIGURA 55: CANAL D'AIGÜES BAIXES CASTELLÓ D'EMPÚRIES (FONT: PRÒPIA)

El canal d'aigües mitjanes es troba a l'Ull número 2, definit pel recrescut dels antics canals d'aigües baixes, amb una cota de vessament de 3,4m. Comença a sobreexir per a 10,72 m<sup>3</sup>/s i permet mesurar cabals fins a 27m<sup>3</sup>/s, quan l'aigua comença a circular per l'Ull 3 del pont.

Per tan el funcionament hidràulic per sectors és el següent:

0	≤	Q	≤ 0,20 m <sup>3</sup> /s	→	escala de peixos (Ull 1)
0,20	≤	Q	≤ 2,73 m <sup>3</sup> /s	→	canal d'aigües baixes 1 (Ull 1)
2,73	≤	Q	≤ 10,72 m <sup>3</sup> /s	→	canal d'aigües baixes 2 (Ull 1)
10,72	≤	Q	≤ 27 m <sup>3</sup> /s	→	canal d'aigües mitjanes (Ull 2)
27	≤	Q		→	canal d'aigües mitjanes (Ull 3)

## 6. RESULTATS I DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

Tal i com s'ha comentat anteriorment es farà una anàlisi hidrològica de la conca de la Muga. El que es farà és una comparació dels resultats obtinguts des de diferents punts de vista, del tipus de dada, segons el punt de control, etc.

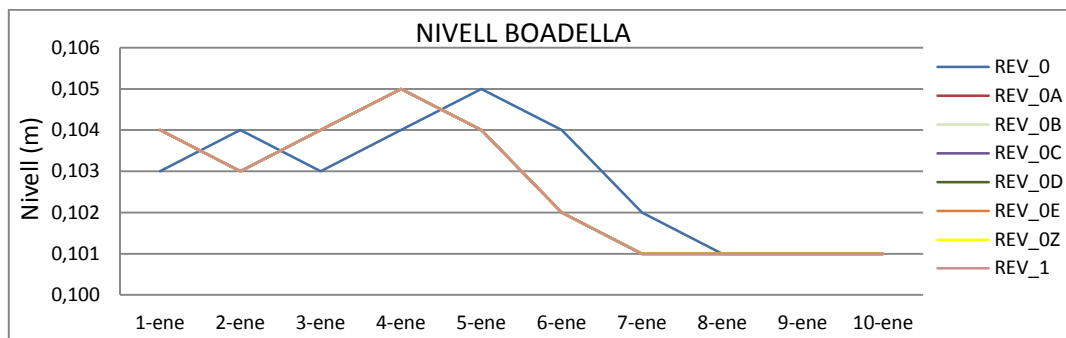
Es treballarà amb les dades proporcionades per l'Agència Catalana de l'Aigua (endavant: ACA), que inclouen els següents punts de control: Embassament de Boadella, Boadella d'Empordà, Peralada (Llobregat de la Muga) i Castelló d'Empúries, ja que són les estacions d'aforament que hi ha més dades emmagatzemades. En el cas de que en alguns períodes hi hagi més dades d'altres punts de control, s'utilitzaran per poder fer una anàlisi més detallada.

Les dades validades per l'ACA estan compreses entre els anys 2011 i 2015. De tots aquests anys es tenen les dades diàries dels punts de control anomenats anteriorment, i de l'any 2012 es tenen també les dades 5-minutals. Les dades 5-minutals ajudaran a fer un anàlisi més detallat, amb les dades diàries no es podrà entrar tant en detall, però també se'n pot treure molta informació.

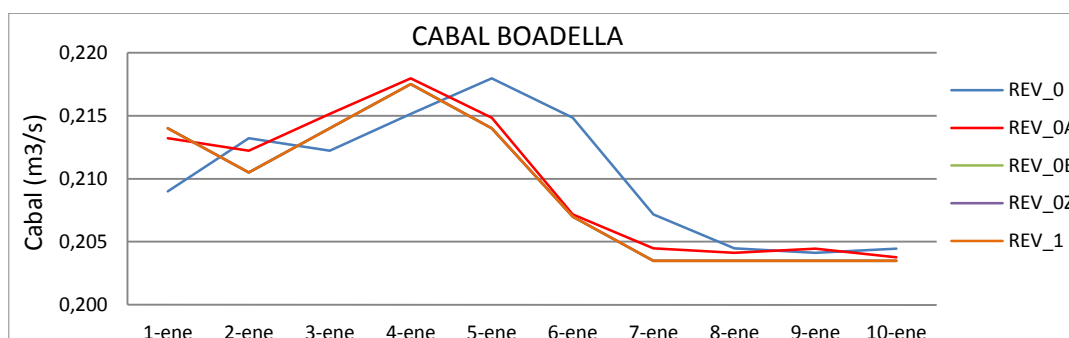
### 6.1. COMPARATIVA DELS RESULTATS PASSATS PELS DIFERENTS SCRIPTS

En el moment que les dades s'introdueixen en el programa Hec-DSS se'ls hi passen uns filtres per validar-les, aquestes filtres són els que s'anomenen Scripts. A continuació es mostren diversos exemples del procés que executen els Scripts per fer la validació de dades.

El primer exemple és de l'estació d'aforament de Boadella del 1 de gener fins el 10 de gener de l'any 2015. En aquest cas el que s'observa és el canvi que hi ha de la REV\_0 → REV\_0A i l'obtenció del cabal a partir del nivell. A continuació es mostra el gràfic del nivell (Gràfic 3) i el gràfic de cabal (Gràfic 4):



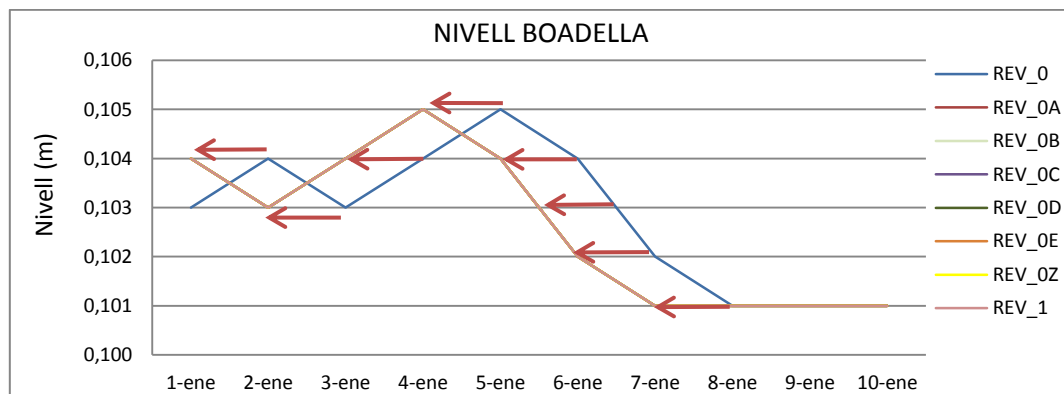
GRÀFIC 3: NIVELL BOADELLA 1-10 GENER 2015



GRÀFIC 4: CABAL BOADELLA 1-10 GENER 2015

Com es pot observar en el gràfic de nivell, l'única diferència que hi ha és entre la REV\_0 i la REV\_0A, en canvi en el gràfic de cabal hi ha diferències entre la REV\_0, la REV\_0A i la REV\_0E. Com es pot demostrar els valors de la REV\_0E, REV\_0Z i REV1 sempre són els mateixos, ja que l'únic procés que fan els Scripts és canviar el nom de la variable per poder-ho emmagatzemar al SIX.

En aquest període es pot observar que tant el gràfic de nivell com el de cabal la dada de la REV\_0A és completament diferent a la REV\_0. Això és el que fa el Script REV\_0 → REV\_0A, agafa la dada que el HEC té a l'interval horari de les 24:00h i la trasllada a format SIX, a les 00:00h. El Gràfic 5i la Taula 14 demostra el que fa aquest Script, com es pot observar la dada que hi ha a la REV\_0 el dia 2 de gener passa a ser la dada de la REV\_0A el dia 1 de gener, aquesta conversió és deguda a que el SIX no té 24:00h:



GRÀFIC 5: NIVELL BOADELLA REV0 → REV0A

	REV_0	REV_0A
	m	m
01ene2015	0,10300	0,10400
02ene2015	0,10400	0,10300
03ene2015	0,10300	0,10400
04ene2015	0,10400	0,10500
05ene2015	0,10500	0,10400
06ene2015	0,10400	0,10200
07ene2015	0,10200	0,10100
08ene2015	0,10100	0,10100
09ene2015	0,10100	0,10100
10ene2015	0,10100	0,10100

TAULA 14: DADES NIVELL BOADELLA SCRIPT REV0 → REV0A

Pel que fa el gràfic de cabals a part de la diferència de valors explicada anteriorment (REV\_0 → REV\_0A), es pot observar que també hi ha una petita diferència entre les dades de la REV\_0A i les dades de la REV\_0E. Això és degut a la validació manual, ja que per obtenir les dades del cabal d'aquest període s'ha utilitzat la corba Q-h de l'estació d'aforament de Boadella i les dades del nivell (REV\_0E). La corba que s'ha utilitzat és la Figura 56:

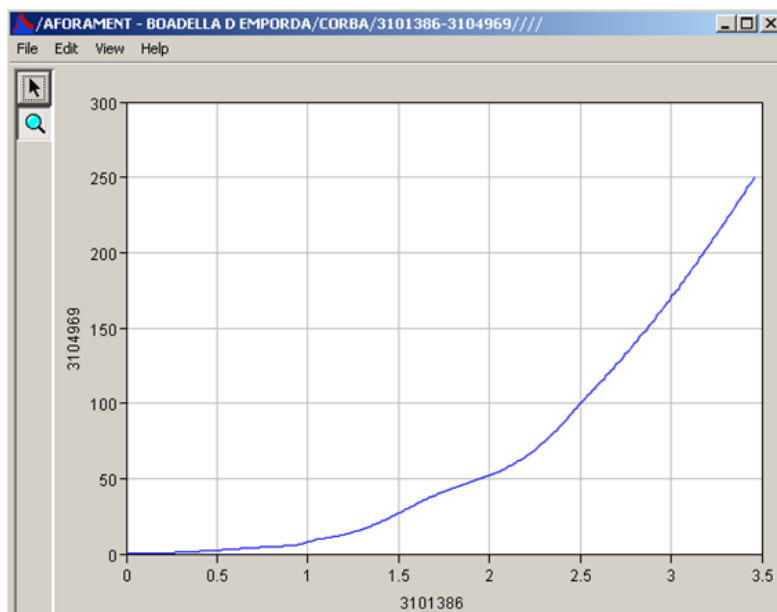
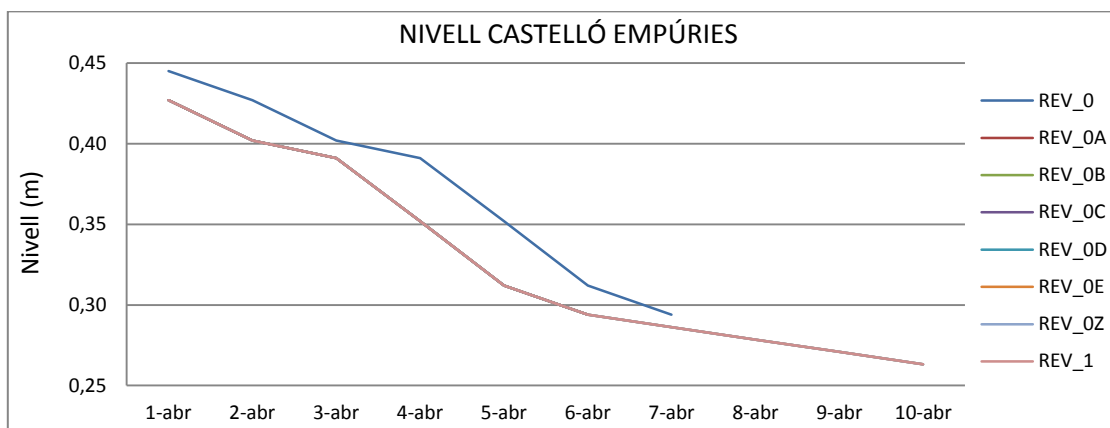
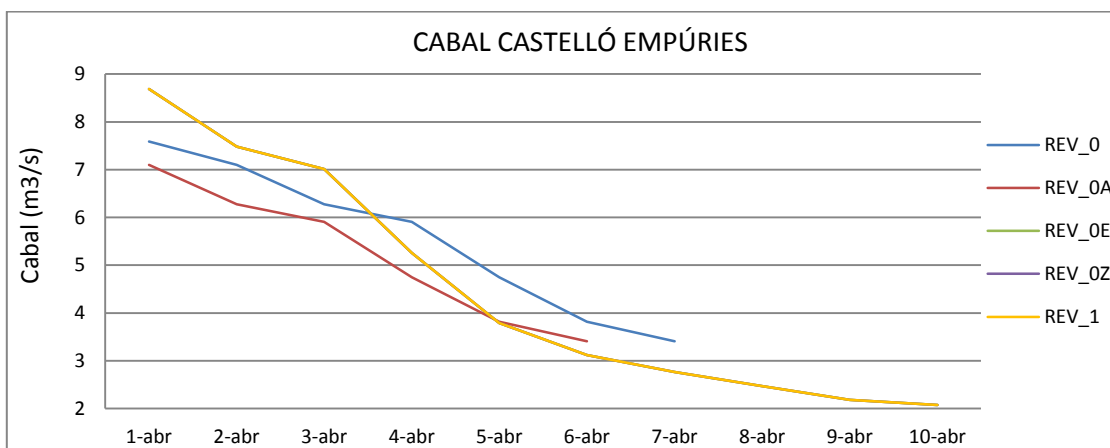


FIGURA 56: CORBA BODELLA

El segon exemple és del punt de control de Castelló d'Empúries entre l'1 i el 10 d'abril de l'any 2015. En aquest cas s'estudia el canvi que hi ha de la REV\_0→REV\_0A, de la REV\_OC→REV\_OD i la validació manual. A continuació es mostren el gràfic del nivell (Gràfic 6) i el gràfic de cabal (Gràfic 7):



GRÀFIC 6: NIVELL CASTELLÓ EMPÚRIES 1-10 ABRIL 2015



GRÀFIC 7: CABAL CASTELLÓ EMPÚRIES 1-10 ABRIL 2015



Si s'observen els dos gràfics es pot veure que a partir del dia 7 d'abril la REV\_0 no té dades, això és degut a que les dades no s'han enregistrat a causa d'un problema amb el sensor. En canvi la REV\_0A no hi ha dades a partir del dia 6 abril, això ho ha fet el Script REV\_0→REV\_0A, tal i com s'ha explicat al exemple 1.

Pel que fa el nivell, a la Taula 15 es pot observar que el Script REV\_0C→REV\_0D ha omplert els buits que hi havia ja que no és un interval molt gran.

	REV_0	REV_0A	REV_0B	REV_0C	REV_0D	REV_0E	REV_0Z	REV_1
	m	m	m	m	m	m	m	m
01abr2015	0,44500	0,42700	0,42700	0,42700	0,42700	0,42700	0,42700	0,42700
02abr2015	0,42700	0,40200	0,40200	0,40200	0,40200	0,40200	0,40200	0,40200
03abr2015	0,40200	0,39100	0,39100	0,39100	0,39100	0,39100	0,39100	0,39100
04abr2015	0,39100	0,35200	0,35200	0,35200	0,35200	0,35200	0,35200	0,35200
05abr2015	0,35200	0,31200	0,31200	0,31200	0,31200	0,31200	0,31200	0,31200
06abr2015	0,31200	0,29400	0,29400	0,29400	0,29400	0,29400	0,29400	0,29400
07abr2015	0,29400				0,28629	0,28629	0,28629	0,28629
08abr2015				REOMPLIMENT	0,27857	0,27857	0,27857	0,27857
09abr2015	NO REGISTRE			DE BUITS	0,27086	0,27086	0,27086	0,27086
10abr2015					0,26314	0,26314	0,26314	0,26314

TAULA 15: NIVELLS CASTELLÓ D'EMPÚRIES 1-10 ABRIL 2015

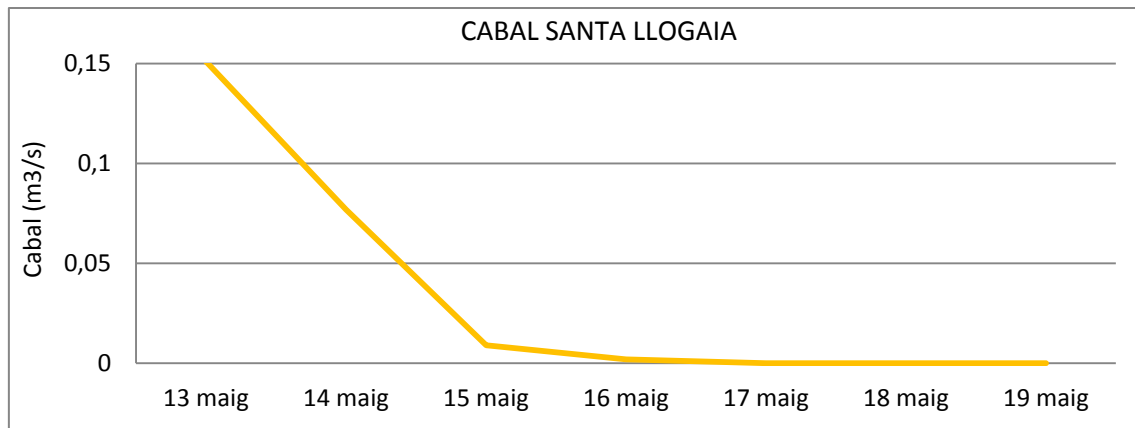
Per poder calcular el cabal el que s'ha fet és utilitzar la corba Q-h del punt de control de Castelló d'Empúries i les dades REV\_0E del nivell.

En els dos exemples explicats es pot comprovar que de la REV\_0E a la REV\_1 les dades no canvien en cap moment de valor. Això és degut a que quan es passen els dos Scripts (REV\_0E→REV\_0Z i REV\_0Z→REV1) el programa el que fa és canviar només el nom.

L'últim exemple es demostra que fa el programa quan ha de calcular cabals a partir de nivells negatius. A continuació es mostra l'exemple del punt de control de Santa Llogaia d'Àlguema del dia 13 al 19 de maig de 2015. El Gràfic 8 és el nivell i el Gràfic 9 el cabal:



GRÀFIC 8: NIVELL SANTA LLOGAIA 13-19 MAIG 2015



GRÀFIC 9: CABAL SANTA LLOGAIA 13-19 MAIG 2015

Com es pot comprovar quan el nivell és negatiu, el cabal calculat a partir de la corba Q-h i el nivell sempre dona 0, ja que no poden haver-hi cabals negatius, el programa escriu un 0. A la gràfica de nivell s'observa que del dia 13 al 16 de maig el nivell és positiu, per tant si que hi ha dada de cabal, en canvi a partir del dia 17 de maig els nivells ja són positius, per això el cabal es manté amb el valor 0.

El per què de que en aquest punt de control hi hagi dades de nivells negatius és perquè l'estació d'aforament no ha tingut un bon manteniment, el terreny s'ha anat erosionant i el sensor no s'ha equilibrat, per tant els valors del nivell quan hi ha poca aigua és negatiu.

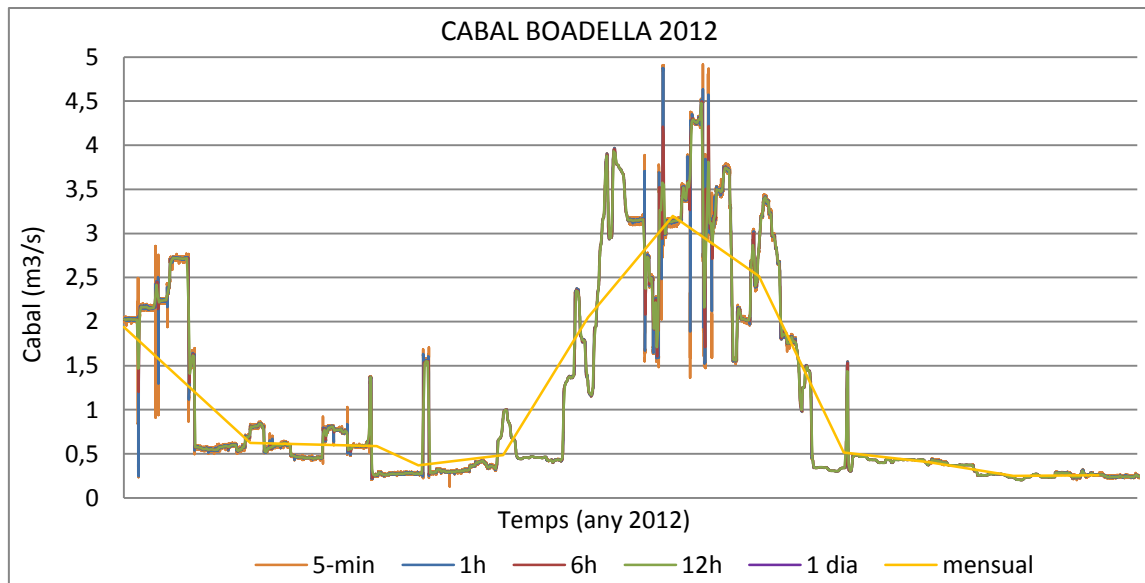
## 6.2. COMPARATIVA DEL TIPUS DE DADA

Aquest capítol consisteix en veure la diferència que hi ha entre diversos tipus de dada. Les dades amb les quals es treballarà són: 5-minutals, horàries, cada 6 hores, cada 12 hores, diàries o mensuals.

Ja que només es disposa de dades 5-minutals de l'any 2012, només es farà l'anàlisi d'aquest any. Tot i que aquest anàlisi és més una comparació del tipus de dada que un anàlisi del comportament de la conca.

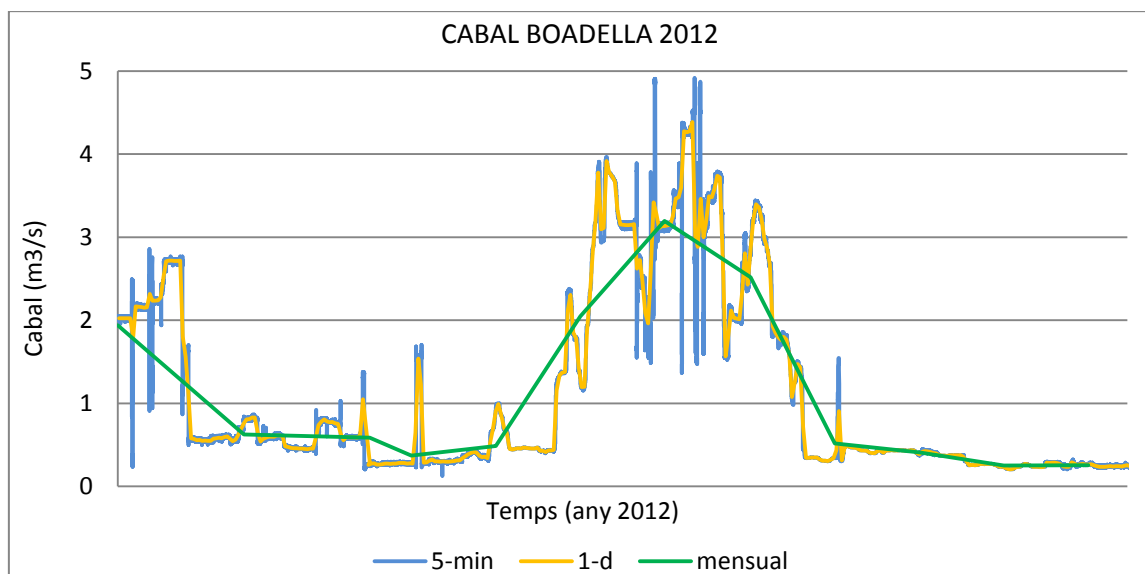
Els primers exemples es tractaran les dades de cabals del punt de control de Boadella. En els últims exemples s'utilitzaran les dades de Boadella, Castelló d'Empúries i Peralada.

A continuació el Gràfic 10 mostra els cabals de Boadella de l'any 2012. En aquest gràfic hi ha les dades 5-minutals, horàries, cada 6 hores, cada 12 hores, diàries i mensuals. Es pot comprovar que a mesura que l'interval de temps és més gran es va suavitzant la línia.



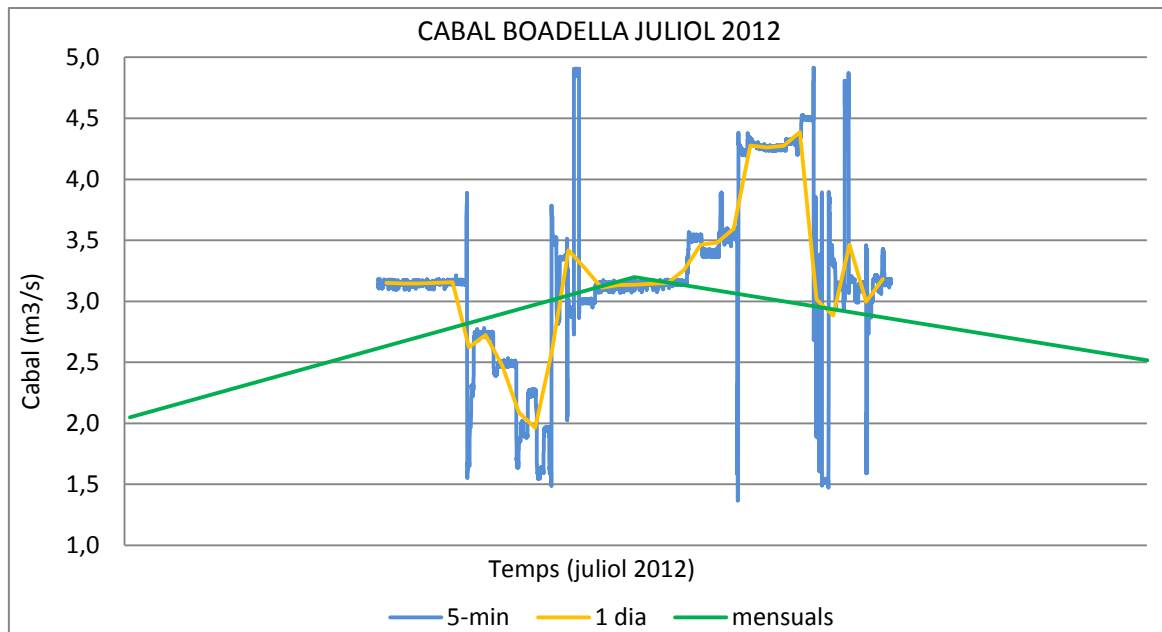
GRÀFIC 10: CABAL BOADELLA 2012 DADES: 5-MIN, 1H, 6H, 12H, 1 DIA I MENSUALS

El Gràfic 11 és del mateix període que l'anterior però només amb les dades 5-minutals, diàries i mensuals. D'aquesta manera es pot observar que els pics més diferenciats corresponen a les dades 5-minutals. Les dades diàries es pot observar que també representen pics però no són tan elevats com el de les dades 5-minutals, ja que s'han suavitzat els valors quan s'ha fet la mitjana. De les dades mensuals, es poden observar els pics més significatius com seria el mes de juliol i agost.



GRÀFIC 11: CABAL BOADELLA 2012 DADES: 5-MIN, 1 DIA I MENSUAL

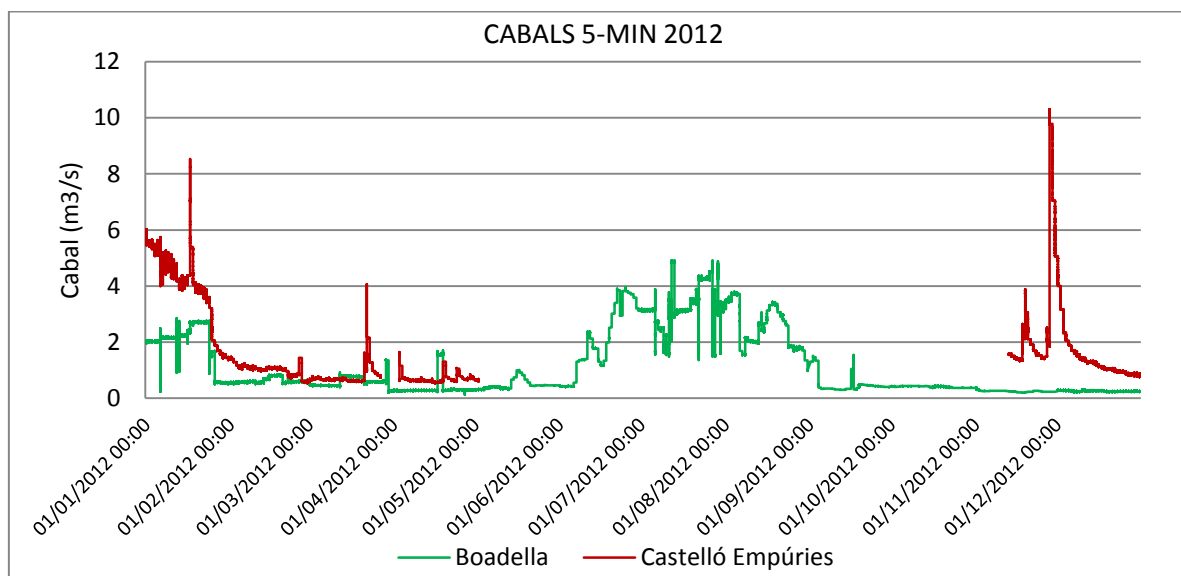
En el següent Gràfic 12 del mes de juliol de 2012 es pot veure més detalladament la diferència entre les dades 5-minutals, les diàries i les mensuals. Es pot observar que les dades 5-minutals fan més oscil·lacions que les dades diàries i mensuals. Les dades diàries si que mantenen més o menys el número dels pics de les dades 5-minutals, però la línia és més suavitzada i els pics no arriben a valors tant alts. Les dades mensuals només es pot veure un pic, ja que és el resultat de la mitjana de totes les dades del mes de juliol. Tots aquests canvis són deguts a que en el interval del mes de juliol de 2012 hi ha un total de 8928 dades 5-minutals, 31 dades diàries i 1 mensual, per tant com més dades es tinguin més oscil·lacions hi hauran en el període estudiat.



GRÀFIC 12: CABAL BOADELLA JULIOL 2012 DADES: 5-MIN, 1DIA I MENSUALS

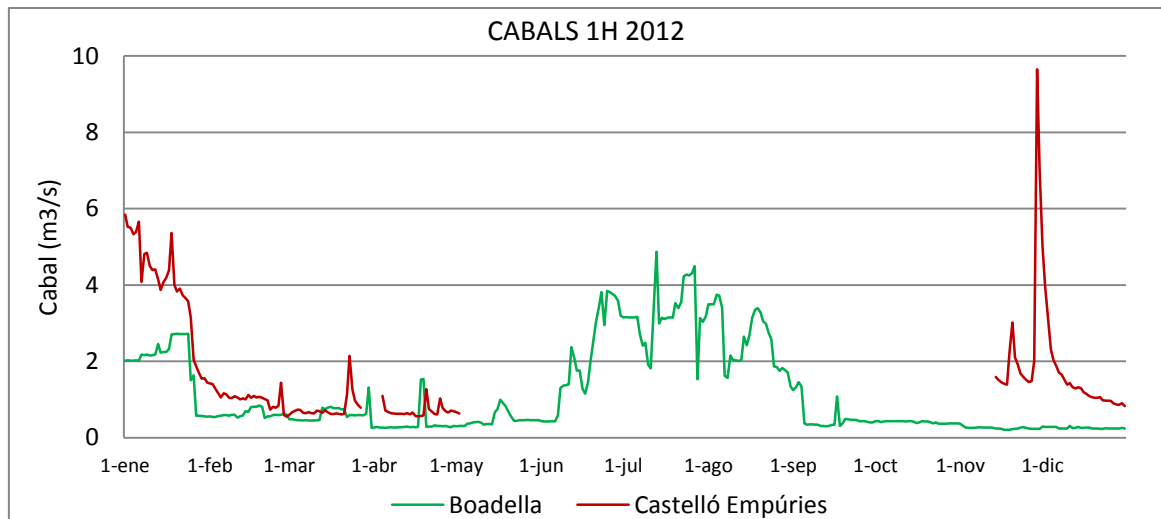
En els següents gràfics s'utilitzen les dades de cabals de Boadella i Castelló d'Empúries per representar les dades 5-minutals, horàries, cada 6 hores, cada 12 hores, diàries i mensuals; i les dades de cabals de Peralada per representar les dades diàries i mensuals, ja que no es disposa de dades 5-minutals de Peralada.

A continuació s'ensenyen els gràfics de dades 5-minutals, horari, cada 6 hores, cada 12 hores, diari i mensual, i es van comparant els gràfics uns amb els altres:



GRÀFIC 13: CABALS 5-MINUTALS 2012

El Gràfic 13 representa els cabals 5-minutals de Boadella i de Castelló d'Empúries de l'any 2012. Com es pot veure hi ha moltes oscil·lacions i els pics són molt pronunciats.

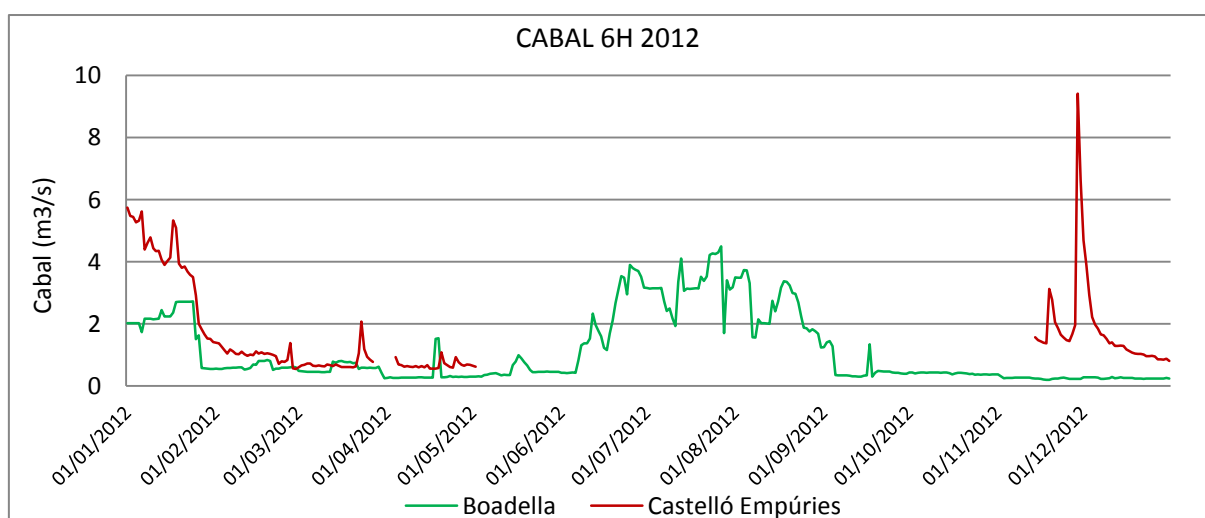


GRÀFIC 14: CABALS HORARIS 2012

El Gràfic 14 representa les dades horàries de Boadella i Castelló d'Empúries, aquestes dades s'han aconseguit fent la mitjana de les dades 5-minutals. Com es pot veure la línia es suavitza, no hi ha tantes oscil·lacions i els pics no són tant pronunciats com el gràfic anterior.

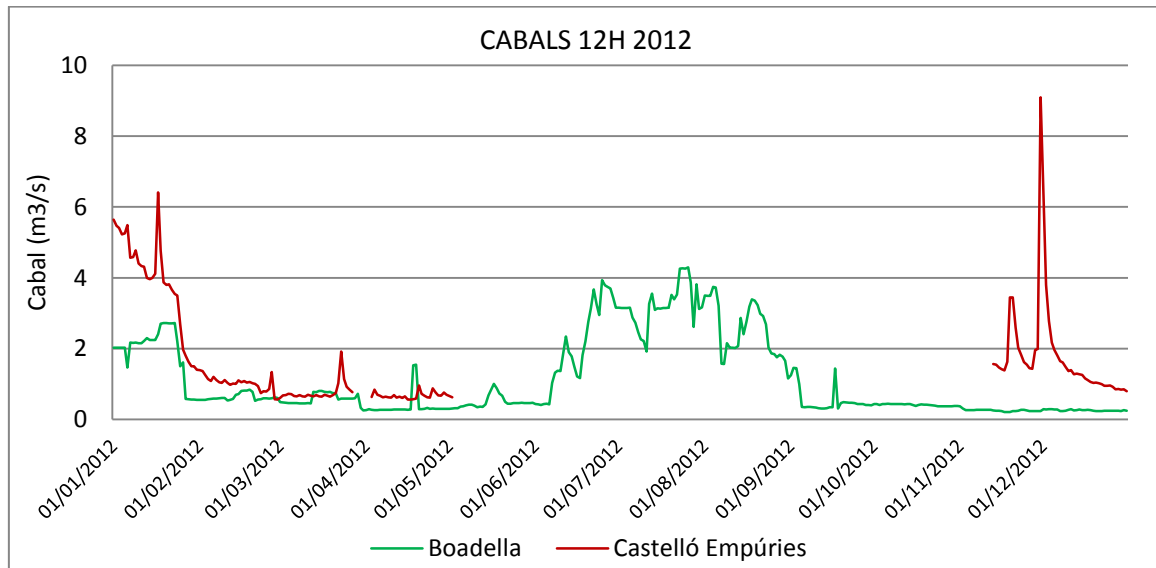
Si es comparen els dos gràfics anteriors es poden veure diverses diferències. Per exemple si es mira detalladament el període juliol - agost, hi ha una crescuda de cabal, es pot veure que les oscil·lacions minven més quan l'interval de temps és més gran, per tant tenim moltes més pujades i baixades a les dades 5-minutals que a les dades horàries.

També es pot veure que el pic final del mes de desembre varia de valor. Amb les dades 5-minutals és més alt (10,16 m³/s) que amb les dades horàries (9,65 m³/s), ja que en el moment que hi ha hagut aquest pic la dada 5-minutal ha pogut gravar el pic màxim, en canvi amb les dades horàries el que s'ha fet és calcular la mitjana de la hora en la qual s'ha format aquest pic. Per tant la dada horària dependrà d'un total de 12 dades 5-minutals, entre les quals hi haurà el pic màxim però també la pujada i la baixada d'aquest pic, i la mitjana d'aquestes dades donarà un cabal més petit que el cabal màxim del pic. Aquest fet també es pot observar en el pic que hi ha a mitjans del mes de gener, el cabal és més gran en el gràfic 5-minutal que en el gràfic horari.



GRÀFIC 15: CABALS 6H 2012

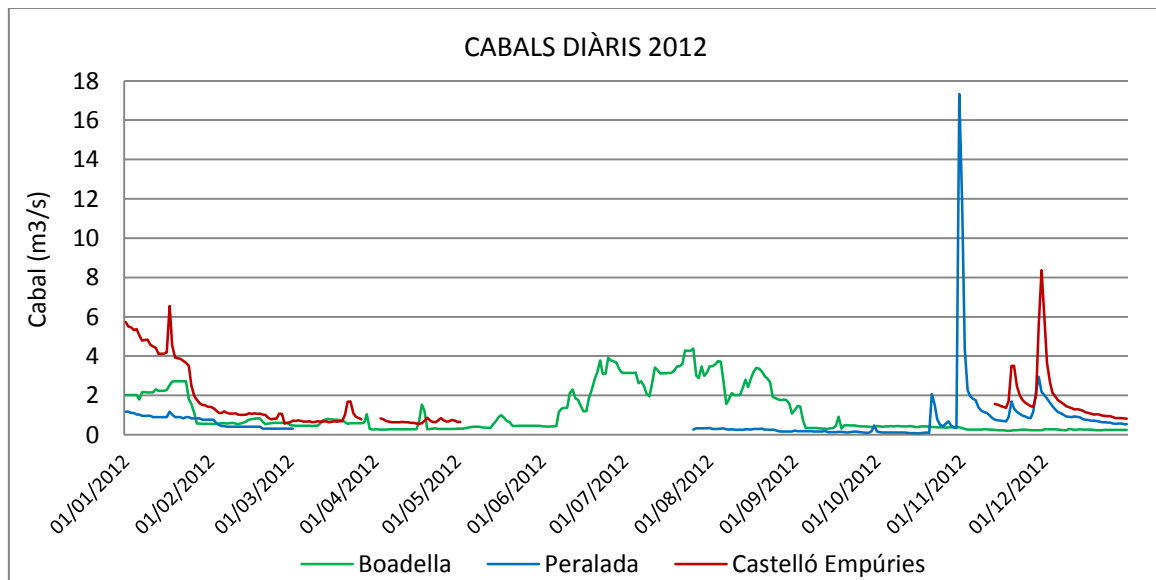
El Gràfic 15 representa els cabals de cada 6 hores de Boadella i Castelló d'Empúries. La línia s'ha suavitzat una mica més, però no es veuen tantes diferències com en la comparació anterior. Es pot observar que els pics van perdent altura a causa de fer la mitjana.



GRÀFIC 16: CABALS 12H 2012

El Gràfic 16 mostra els cabals de Boadella i Castelló d'Empúries de cada 12 hores. Les línies s'han anat suavitzant, en canvi alguns pics han augmentat i altres han disminuït.

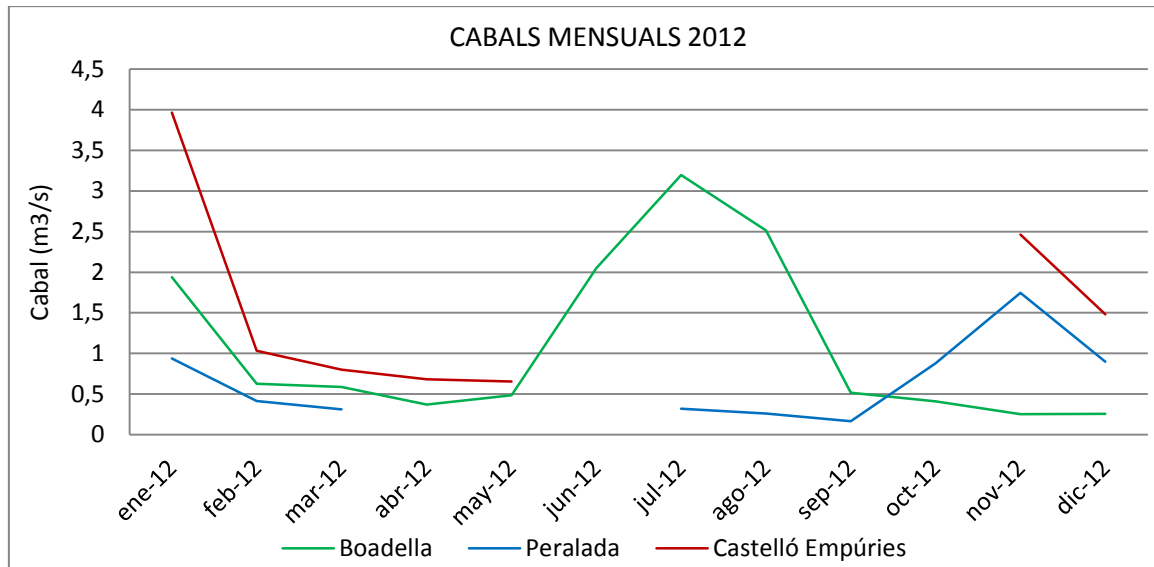
Per exemple si s'observa el pic de desembre, el cabal ha disminuït del gràfic de 6 hores al gràfic de 12 hores. Però si es mira el pic de mitjans de gener, el cabal del gràfic de cada 12 hores ha augmentat en comparació amb el cabal del gràfic de 6 hores. Aquestes diferències és degut als valors que s'han utilitzat per calcular les mitjanes.



GRÀFIC 17: CABALS DIÀRIS 2012

Les dades diàries es troben en el Gràfic 17, en aquest hi ha representat els cabals de Boadella, Peralada i Castelló d'Empúries. En els anteriors gràfics no hi havia dades de Peralada ja que no hi ha dades 5-minutals d'aquesta estació d'aforament.

Si es compara aquest gràfic amb el gràfic de cada 12 hores, es pot veure que les línies s'han suavitzat, no hi ha tants pics i les pujades i baixades no són tant pronunciades. En canvi amb els valors del pic passa el mateix que en el cas anterior, el pic de mitjans de gener va augmentant i el pic del desembre va disminuint de valor. Si s'observen els diversos pics que hi ha durant els mesos de juny, juliol, agost i setembre es pot veure que el valor no ha variat gaire en comparació amb el gràfic de dades 5-minutals.



GRÀFIC 18: CABALS MENSUALS 2012

Finalment es pot observar el gràfic de dades mensuals (Gràfic 18). Aquest gràfic representa la mitjana de cada mes dels cabals de Boadella, Peralada i Castelló d'Empúries.

Com es pot observar en aquest gràfic només hi ha tres pics, que corresponen als pics més significatius dels gràfics anteriors. Per tant aquest gràfic ens dona informació molt general del que està passant l'any 2012. També es pot observar que els pics han disminuït bastant el cabal màxim comparant-ho amb els resultats anteriors.

Per tant com es pot observar en els gràfics anteriors, a mesura que es va augmentant el temps entre dada i dada cada cop hi ha menys informació. En definitiva, si es vol fer un estudi molt detallat s'hauria d'utilitzar dades 5-minutals o diàries, ja que són les que ens donen més informació.

### 6.3. ANÀLISIS PER ANYS

En el següent apartat es fa una anàlisi per anys, des de l'any 2011 fins el 2015, comparant els cabals diaris dels punts de control de Boadella, Peralada i Castelló d'Empúries.

Per poder fer una anàlisi més coherent també s'han comparat els cabals amb els pluviòmetres del Embassament de Darnius-Boadella, Pont de Molins, Cabanes d'Empordà (ubicat entre Pont de Molins i Peralada) i Castelló d'Empúries. Com es podrà anant observant els valors dels pluviòmetres de Pont de Molins i Cabanes d'Empordà són molt similars, ja que estan a uns 6km de distància.

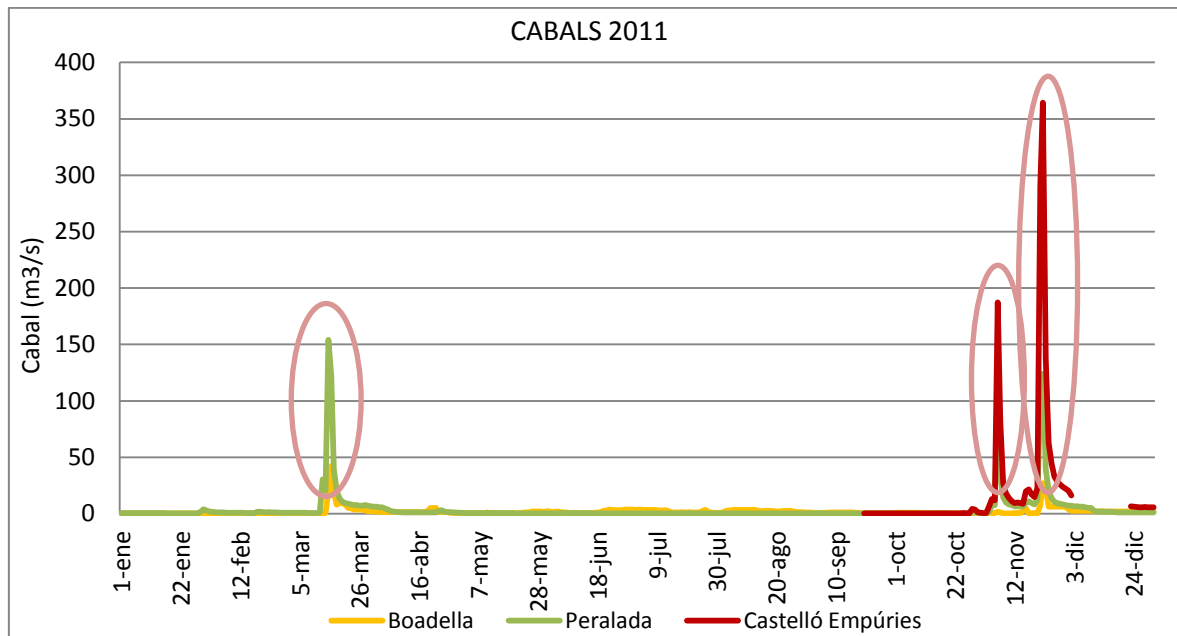
Els cabals (m³/s) s'han representat en línies, i les dades de la pluja (mm) s'han representat en columnes. Pel que fa als gràfics que mostren els pics, en l'eix de les "x" hi ha els dies que van



ocupar el pic, i en els eixos de les “y”, el de l'esquerra hi ha els valors dels cabals ( $m^3/s$ ), i el de la dreta els valors de les pluges (mm).

### 6.3.1. ANY 2011

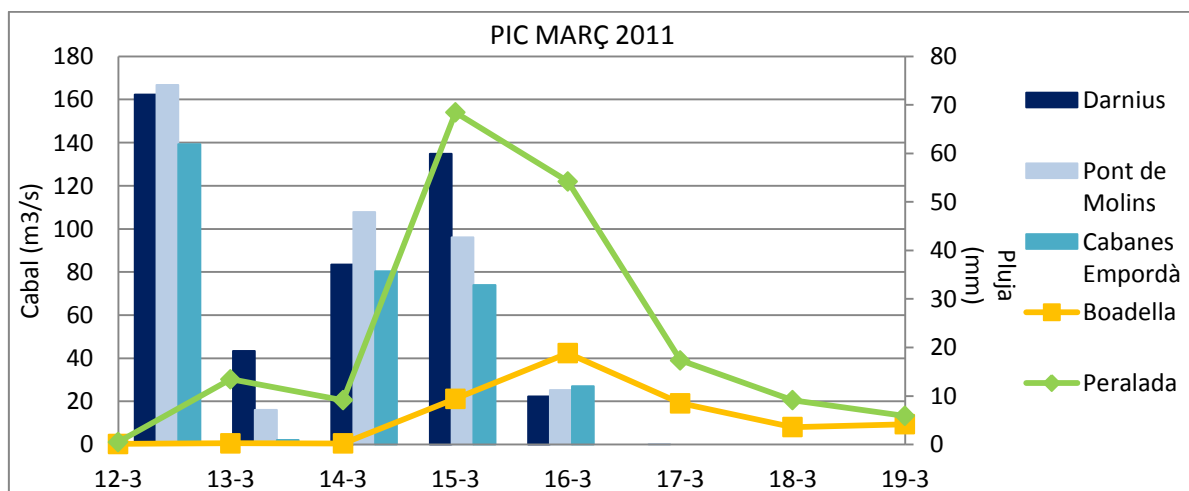
El Gràfic 19 mostra els cabals de l'any 2011. Hi ha dades de tot l'any de Boadella i de Peralada, en canvi només hi ha dades de finals d'any dels punts de control de Pont de Molins i Castelló d'Empúries.



GRÀFIC 19: CABALS ANY 2011

Es pot observar que durant els mesos de març i novembre hi ha tres pics bastant pronunciats, en canvi durant la resta de l'any els valors dels cabals es mantenen entre 0 i 4  $m^3/s$ . A continuació s'estudien els diversos pics de l'any 2011.

El Gràfic 20 mostra els resultats d'aquest primer pic. El primer pic que hi ha en aquest any és en el mes de març, aproximadament des del dia 12 de març fins el 19 de març. En aquest període només hi ha dades de Boadella i de Peralada, per aquest motiu només s'han utilitzat els pluviòmetres de Pont de Molins i de Cabanes d'Empordà.



GRÀFIC 20: PIC MARÇ 2011

Com es pot veure va estar plovent durant 5 dies seguits, el pic més alt va ser el dia 12 (el primer dia de pluja) a Pont de Molins amb un valor de 74mm i el més baix el dia 13 a Cabanes d'Empordà amb un valor de 0,5mm.

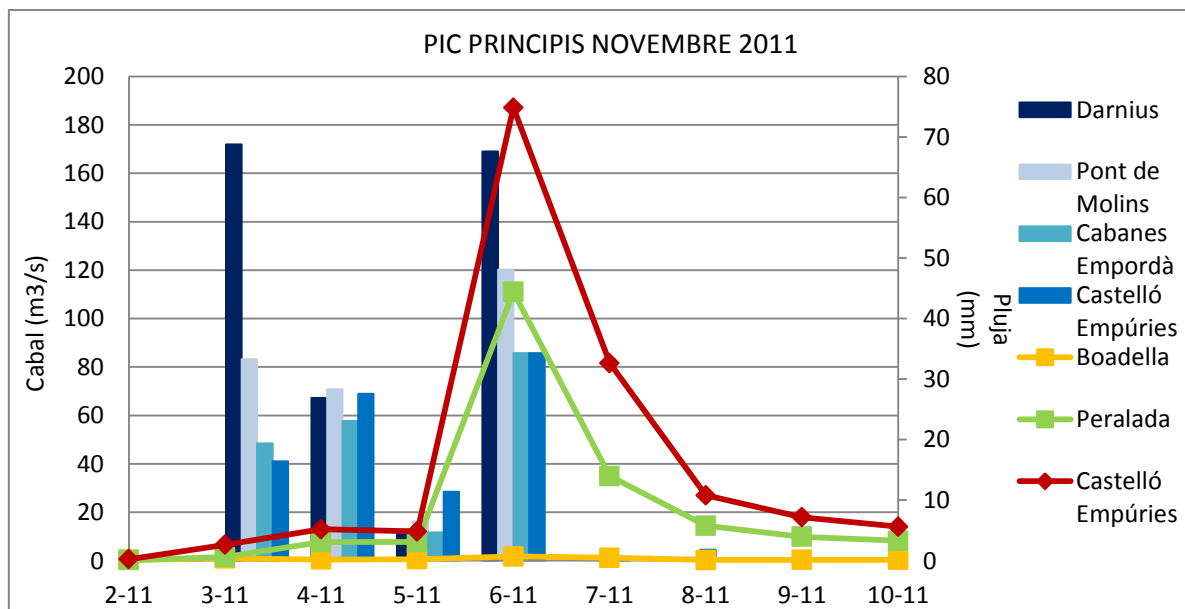
Les pluges van començar amb fortes intensitats des del primer dia, per això a Peralada ja hi ha un pic bastant pronunciat el dia següent de la pluja, en canvi com que el dia 13 la intensitat va baixar de 160mm a 7mm, el cabal de Peralada també baixa però només uns 10m<sup>3</sup>/s.

Els últims tres dies de pluges (14, 15 i 16 de març) la intensitat va disminuint. El cabal de Peralada aconsegueix el màxim cabal el dia 15 amb un valor de 154m<sup>3</sup>/s, per tota la pluja acumulada durant els quatre dies anteriors. Just quan la intensitat de la pluja disminueix de 42mm a 11mm, és quan el cabal comença a disminuir per tornar al seu estat original.

Pel que fa el cabal de Boadella, el pic més alt és el dia 16 amb un valor de 42m<sup>3</sup>/s. No és perquè no plogués a Boadella, ja que amb el pluviòmetre de l'embassament es pot comprovar que els valors de pluja són bastant elevats, sino perquè l'embassament regula el cabal de sortida, i com el primer punt de control després de l'embassament és Boadella els cabals sempre són més baixos que el de altres estacions d'aforament.

Com es pot observar la línia de Boadella i la de Peralada tenen un comportament molt similar però amb valors diferents, ja que Peralada té cabals més elevats que Boadella.

El següent pic que hi ha l'any 2011 és a principis del mes de novembre, va tenir una duració d'uns 8 dies, des del 3 de novembre fins el 9 de novembre. El següent Gràfic 21 mostra el pic d'aquest període. En aquest cas hi ha dades de tots els punts de control.



GRÀFIC 21: PIC PRINCIPIS NOVENBRE 2011

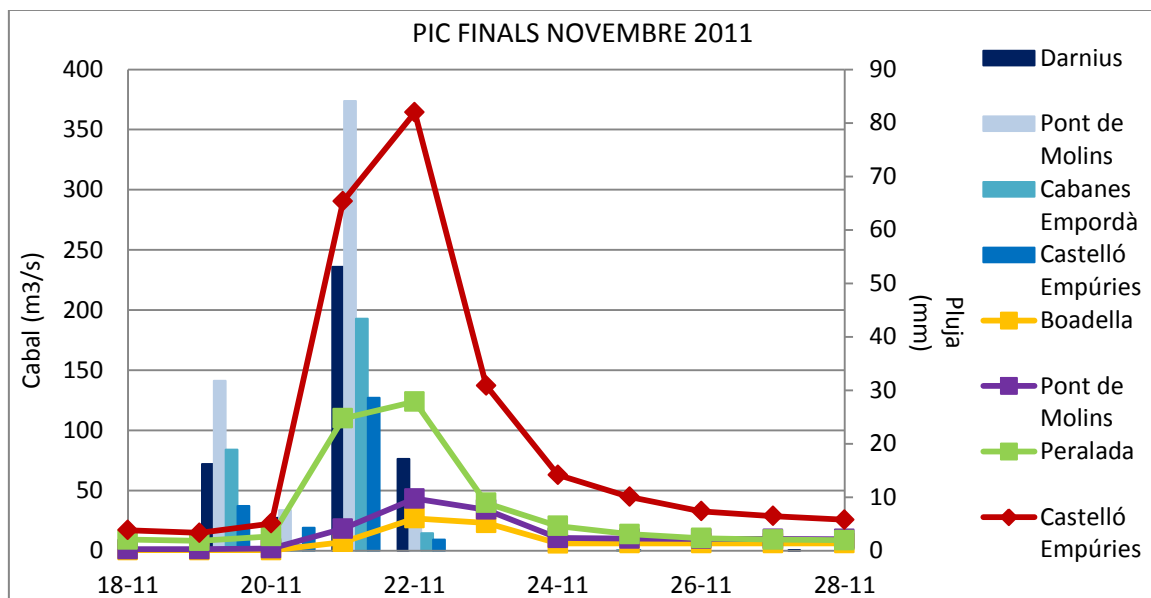
En aquest període la pluja va durar uns 4 dies, des del 3 de novembre fins el 6 de novembre, aconseguint valors màxims de pluja de 68mm a l'embassament de Darnius-Boadella el primer dia de precipitacions. En aquests quatre dies de pluja el primer i l'últim dia van ser els més abundants, els dos dies d'entre mig van haver-hi precipitacions més lleugeres.

Es pot observar que els tres punts de control tenen el pic màxim el mateix dia, 6 de novembre, que és l'últim dia de precipitació i el dia que la precipitació també aconsegueix el pic més alt.

Es pot comprovar que els cabals de Boadella es mouen entre  $4\text{m}^3/\text{s}$  i  $0,5\text{m}^3/\text{s}$ , per tant aquesta estació d'aforament no té valors molt elevats. Tot i que en aquest punt de control hi va haver pluges amb molta intensitat. El fet que Boadella no tingui un cabal elevat és pel mateix motiu que s'ha explicat en el cas anterior, pel fet de l'embassament. En canvi Peralada i Castelló d'Empúries els pics són més pronunciats.

El cabal de Peralada i Castelló d'Empúries comença a augmentar quan comença a haver-hi precipitacions el dia 3 de novembre i continua augmentant fins el dia 6 que assoleix al seu valor màxim,  $187\text{m}^3/\text{s}$  a Castelló d'Empúries i  $111\text{m}^3/\text{s}$  a Peralada. Castelló d'Empúries té un cabal superior que Peralada per la ubicació que té, ja que Castelló es troba a la desembocadura del riu i recull totes les aigües del riu Muga i dels seus afluents, per tant sempre tindrà cabals més elevats que els altres punts de control.

L'últim pic de l'any 2011 va ser a finals de novembre, entre el 20 i el 26 de novembre. Es mostren els resultats d'aquest pic en el Gràfic 22:



GRÀFIC 22: PIC FINALS NOVEMBRE 2011

En aquest cas també van ser 4 dies de pluja, però es pot observar que hi ha un pic molt pronunciat i els altres tres són més lleugers. El valor més elevat correspon el dia 21 de novembre arribant a  $84\text{mm}$  a Pont de Molins.

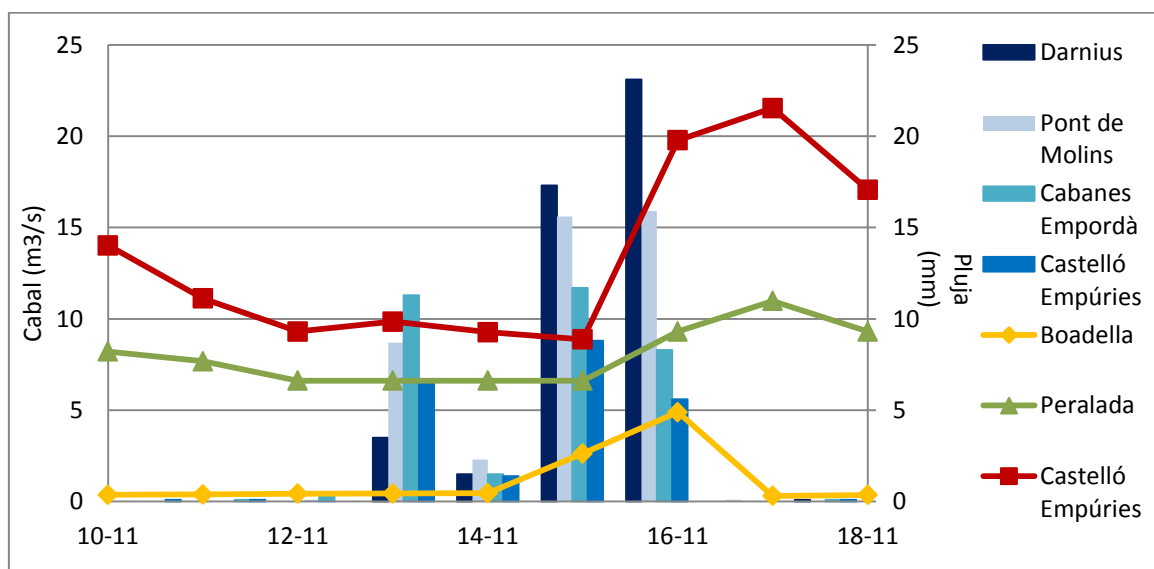
Tots tres punts de control tenen el pic el següent dia que va ploure més, el dia 22. Boadella va assolir  $27\text{m}^3/\text{s}$ , Peralada  $124\text{m}^3/\text{s}$  i Castelló d'Empúries  $364\text{m}^3/\text{s}$ .

El primer dia de pluja va ser el dia 19, assolint uns  $32\text{mm}$  a Pont de Molins, aquestes precipitacions van fer que els cabals comencessin a augmentar fins el dia 22, que va ser quan les pluges van parar i el cabal va anar disminuint fins tornar al seu estat habitual. Les tres estacions d'aforament tenen un comportament similar, ja que el cabal augmenta del dia 20 fins el dia 22 i a partir del dia 22 disminueix.

Com ja s'ha comentat els cabals de Castelló d'Empúries sempre són superiors als altres ja que el punt de control està ubicat a la desembocadura del riu.

Si es comparen els tres pics de l'any 2011 es pot observar que el pic de març és el que té un cabal més baix. En el mes de novembre n'hi ha dos, sent el més elevat el de finals de desembre, això és degut a l'aigua acumulada que portava ja del primer pic de novembre, que fa que el segon pic ja comenci amb cabals més elevats.

El Gràfic 23 mostra el període entre els dos pics de novembre, com es pot observar els cabals de Peralada i Castelló no són els cabals habituals que tenen aquests dos punts de control quan quasi bé no hi ha pluges. Si que és veritat que en aquest període van haver-hi pluges, però són valors molt inferiors als dels pics que s'han analitzat anteriorment. Per tant es pot afirmar que el segon pic de novembre aconsegueix valors de cabals tant elevats pel primer pic que hi ha hagut.



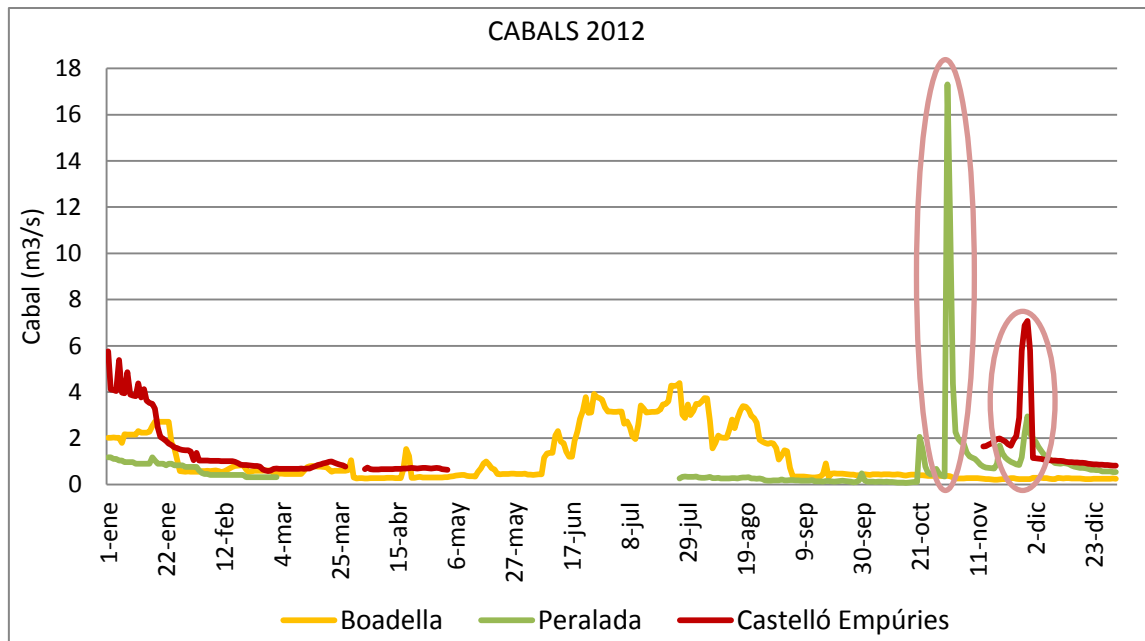
GRÀFIC 23: PERÍODE ENTRE ELS DOS PICS DE NOVEMBRE

Es pot observar que els cabals dibuixen línies molt semblants entre els punts de control, i que quasi bé sempre Castelló d'Empúries assolirà els cabals més elevats i Boadella els més baixos.

Es pot concloure que en el any 2011 van haver-hi tres pics bastant pronunciats. Els mesos de pluja van ser març i novembre, mentre que la resta de l'any els cabals es van comportar amb valors baixos.

### 6.3.2. ANY 2012

El Gràfic 24 mostra els valors de cabals de l'any 2012. En aquest any hi ha dades de tot Boadella, de Peralada i Castelló d'Empúries només n'hi ha de principis d'any i de finals d'any.

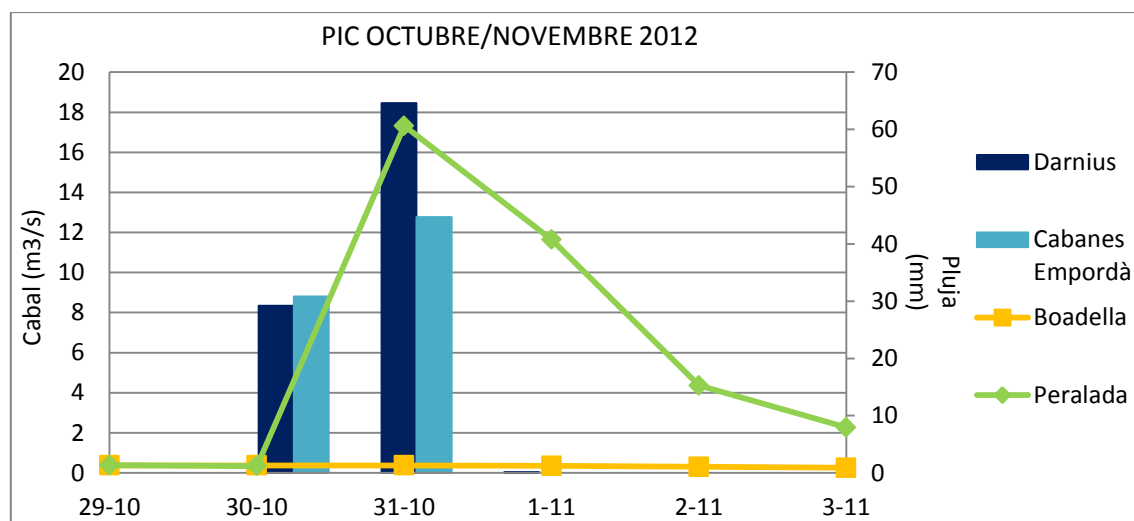


GRÀFIC 24: CABALS ANY 2012

Es pot veure que és un any més tranquil que el 2011, ja que els cabals màxims tenen valors menors que els de l'any anterior. En aquest any hi ha una crescuda petita a principis de mes, i durant el mes de juny, juliol i agost el punt de control de Boadella presenta cabals d'entre 2,5 i 5m³/s ja que va haver-hi precipitacions de tant en tant arribant a valors de 20mm, i com són els mesos d'estiu i la conca és molt turística, l'embassament deixava passar més aigua per poder abastar a les poblacions.

Els pics més significatius van ser a finals d'any, un a finals d'octubre principis de novembre, i l'altre a finals de novembre principis de desembre.

El Gràfic 25 mostra les dades del pic de finals d'octubre principis de novembre del 2012. El pic va ser durant el 30 de novembre i el 3 d'octubre, en aquest període només hi ha dades de Boadella i Peralada.



GRÀFIC 25: PIC OCTUBRE/NOVEMBRE 2012

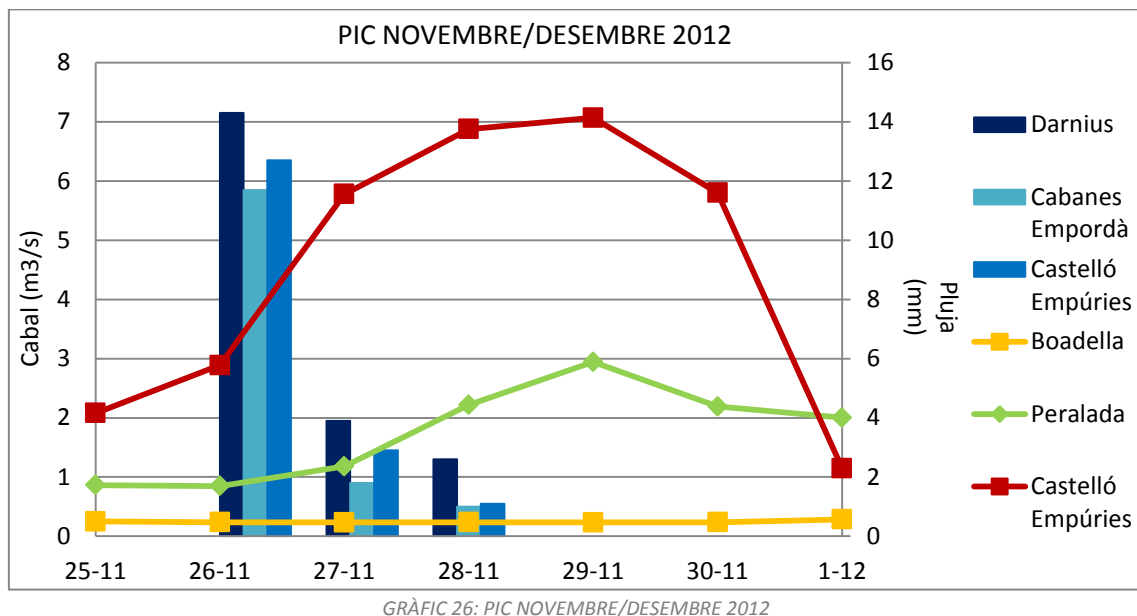
En aquest període el pluviòmetre de Pont de Molins té valors de 0mm, això pot ser per un mal funcionament del instrument o que no plugués en aquella zona, tot i que seria molt estrany ja

que els pluviòmetres del Embassament, de Cabanes d'Empordà i de Castelló d'Empúries hi ha valors relativament alts. En aquest gràfic no s'ha representat el pluviòmetre de Castelló d'Empúries ja que no hi ha dades del cabal d'aquest punt de control.

Com es pot observar van haver-hi dos dies intensos de pluja, i un últim que va ser molt fluix. El dia més intens va ser el segon arribant a 64mm a l'Embassament de Darnius-Boadella.

Dels dos punts de control que es tenen dades, Boadella no va presentar cap tipus de diferència en comparació amb els seus valors habituals. En canvi Peralada va tenir un augment molt pronunciat, va passar de 0,4m<sup>3</sup>/s el dia 30 d'octubre a 17m<sup>3</sup>/s el dia 31 d'octubre, a partir d'aquest dia les precipitacions van ser quasi bé nul·les i el cabal també va anar disminuint assolint valors habituals. L'augment del cabal coincideix amb l'inici de les precipitacions.

El següent pic que hi ha és entre el mes de novembre i desembre, aproximadament entre els dies 25 de novembre i 1 de desembre. El Gràfic 26 mostra aquest període:



En aquestes dates ja hi ha dades dels tres punts de control per tant també es compararà amb tots els pluviòmetres menys el de Pont de Molins, que continua donant dades nul·les, per tant es podria confirmar que el pluviòmetre no funcionava bé.

Es pot veure que van haver-hi tres dies consecutius de pluges, el més fort va ser el primer i va anar disminuint a mesura que passaven els dies. El pic més alt és el dia 26 de novembre amb una precipitació de 14mm a l'Embassament de Darnius-Boadella. Si es compara amb el pic anterior es pot veure que no va ploure tanta quantitat i per això els cabals també són més baixos.

El cabal de Boadella es manté a 0,2m<sup>3</sup>/s durant tot el període de pluges.

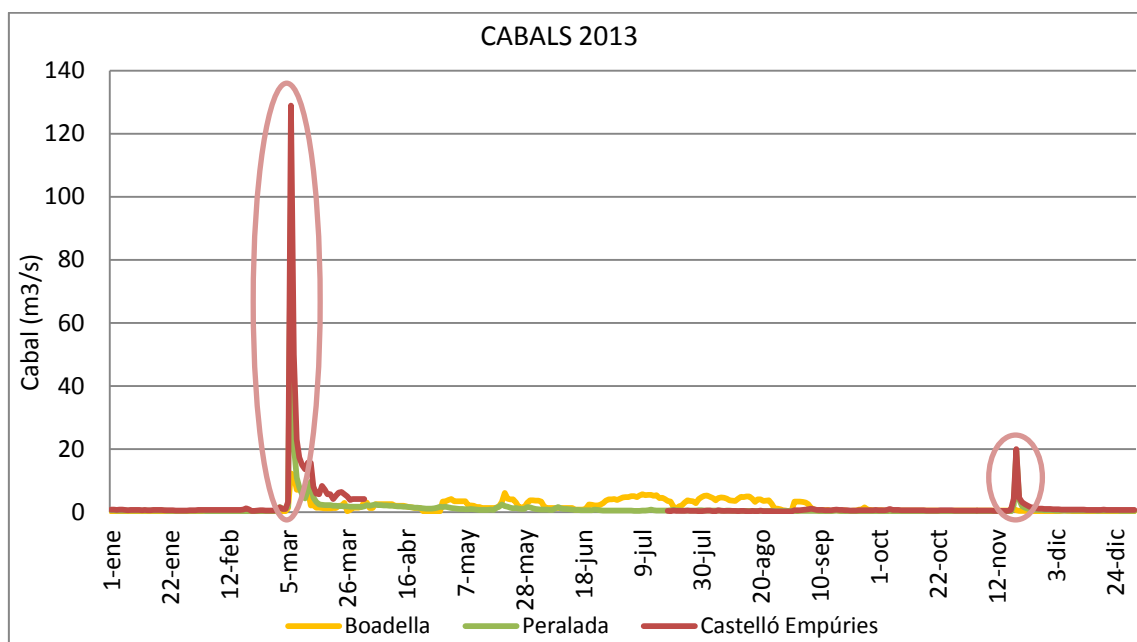
En canvi el de Peralada comença a augmentar a partir del dia 26, coincidint amb el inici de les pluges, a partir del dia 29 de març que és quan assoleix el màxim cabal de 3m<sup>3</sup>/s, el cabal va disminuint.

Pel que fa Castelló d'Empúries el cabal és més variable i aconsegueix cabals més elevats. Ja comença amb valors més alts dels habituals, perquè durant uns deu dies abans d'aquest pic els cabals oscil·len entre 1,5 i 2m<sup>3</sup>/s, ja que hi va haver pluges d'uns 9mm com a màxim. Per tant el cabal comença a elevar-se de 2m<sup>3</sup>/s fins a 7m<sup>3</sup>/s començant el dia 25 de novembre i acabant el 29 de novembre, a partir d'aquest pic el cabal disminueix tornant als seus valors normals d'1m<sup>3</sup>/s.

En conclusió de l'any 2012 es pot dir que va ser un any poc plujós, ja que les pluges que va haver-hi van aportar pocs mm, i per tant els cabals van ser baixos. Els dos pics que es poden observar van ser a finals d'any, tot i que a inicis d'any i a mitjans hi ha petites crescudes d'uns 2m<sup>3</sup>/s degut a lleugeres pluges que van haver-hi.

### 6.3.3. ANY 2013

A continuació el Gràfic 27 mostra els cabals de l'any 2013. Durant aquest any hi ha valors de tot Boadella i Peralada, en canvi de Castelló d'Empúries hi ha valors dels tres primers mesos de l'any i dels set últims.



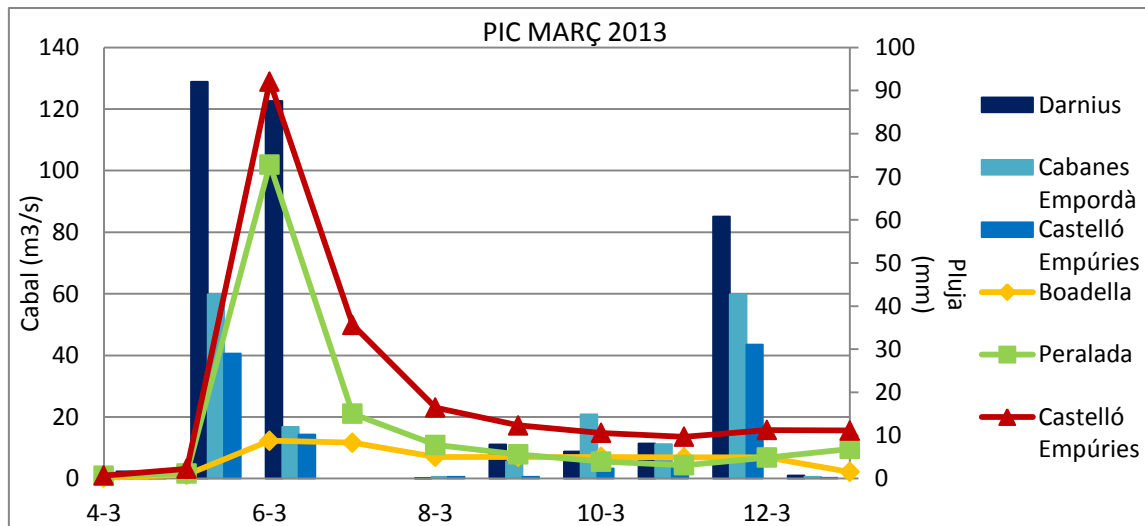
GRÀFIC 27: CABALS ANY 2013

Pel que fa aquest any hi ha dos pics bastant pronunciats, el primer el mes de març arribant a valors de cabal de 129m<sup>3</sup>/s, i el segon a finals de novembre principis d'octubre amb un cabal de 20m<sup>3</sup>/s. Per tant es pot veure que hi ha una gran diferència entre el primer pic i el segon.

A part d'aquests dos pics també hi ha crescudes petites durant els mesos de maig, juny, juliol i agost, on el cabals de Boadella oscil·la entre 0,5 i 5m<sup>3</sup>/s. En canvi a Peralada el cabal el cabal no supera els 2m<sup>3</sup>/s.

A continuació el Gràfic 28 mostra els valors del primer pic de març de 2013. Aproximadament va tenir lloc entre els dies 4 i 13 de març:





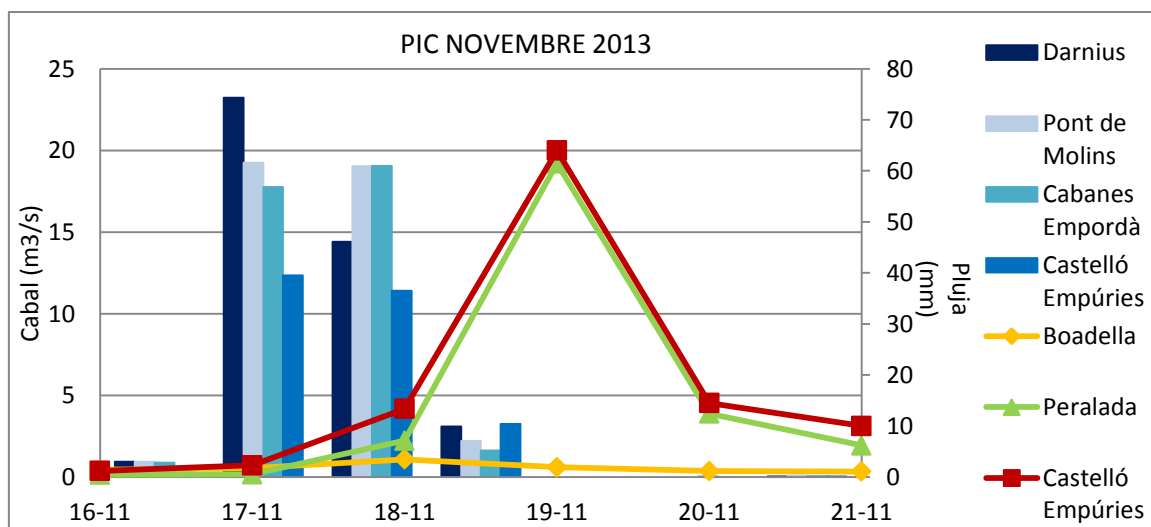
GRÀFIC 28: PIC MARÇ 2013

En aquest pic les pluges van durar 9 dies. El primer dia van haver-hi precipitacions molt baixes, els següents dos dies van ser els dies amb intensitats més altes, arribant a 92mm a Darnius, després va haver-hi un dia sense pluges, i va tornar a ploure durant 6 dies més, però amb intensitats més baixes, menys el dia 12 de març que es va aconseguir 60mm de precipitació.

La línia de cabals aconsegueix el seu pic en el tercer dia de pluges, sent el dia 6 de març, coincidint amb el segon dia de més precipitació, per tant amb les pluges acumulades els cabals augmenten molt el seu valor, el cabal a Castelló d'Empúries és de 129m³/s, Peralada 102m³/s i Boadella 13m³/s. A partir d'aquest tercer dia de pluja els cabals comencen a disminuir, tot i que encara es mantenen durant uns quants dies amb valors més elevats dels habituals.

Si es comparen els cabals dels tres punts de control es pot veure que la forma que segueixen les línies és bastant semblant entre elles, totes tres tenen el pic el mateix dia, i com sempre Castelló d'Empúries té el valor més elevat, a continuació Peralada i per últim Boadella.

L'últim pic d'aquest any 2013 té lloc a mitjans de novembre, entre el dia 16 i el 21, el Gràfic 29 mostra els valors dels cabals i de les pluges que van tenir-hi lloc:



GRÀFIC 29: PIC NOVENBRE 2013

En aquest període hi ha un total de sis dies de pluges, començant amb intensitats baixes el primer dia, els següents dos dies les precipitacions augmenten arribant el primer dia a 75mm a l'Embassament de Darnius i el segon dia a 61mm a Cabanes d'Empordà. El quart dia de pluges ja és més baix havent-hi precipitacions de 10mm, el dia 20 de març no hi ha pluges, però el 21 torna a haver-hi pluges amb intensitat molt baixa.

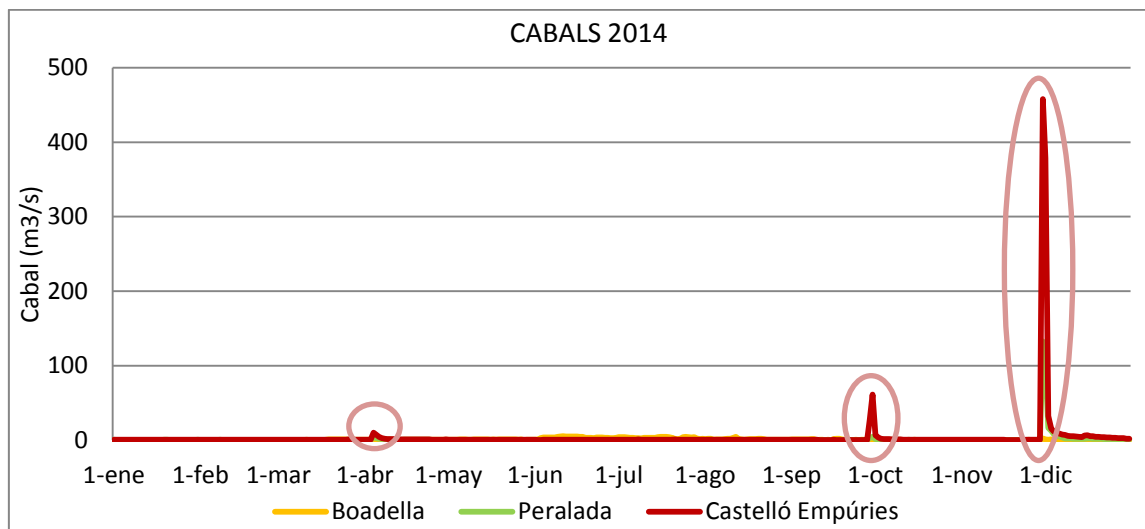
Els pics dels cabals aquesta vegada són més baixos, ja que el màxim dels tres punts de control és de 20m<sup>3</sup>/s, tot i que hi ha hagut pluges amb intensitats altes. El fet de que els cabals no hagin estat alts tot i que hi ha hagut altes precipitacions, pot haver estat perquè durant el mes d'octubre no va ploure grans quantitats, per tant el riu havia de recuperar cabal.

Entre Castelló d'Empúries i Peralada els valors dels cabals són molt semblants, la dada del pic és el dia 19 de novembre i quasi bé tenen el mateix valor, sent Castelló d'Empúries 20m<sup>3</sup>/s i Peralada 19m<sup>3</sup>/s. En canvi a Boadella el pic és un dia abans que els altres dos punts de control i té un cabal de 1m<sup>3</sup>/s, per tant en aquest període a Boadella no es nota tant canvi com en les dos altres estacions d'aforament.

En conclusió es podria dir que ha estat un any bastant calmat excepte el pic del mes de març, ja que els valors dels cabals i de les precipitacions són bastant elevats. El segon pic que va haver-hi durant aquest any és bastant més baix que el primer tot i que les precipitacions són bastant altes.

#### 6.3.4. ANY 2014

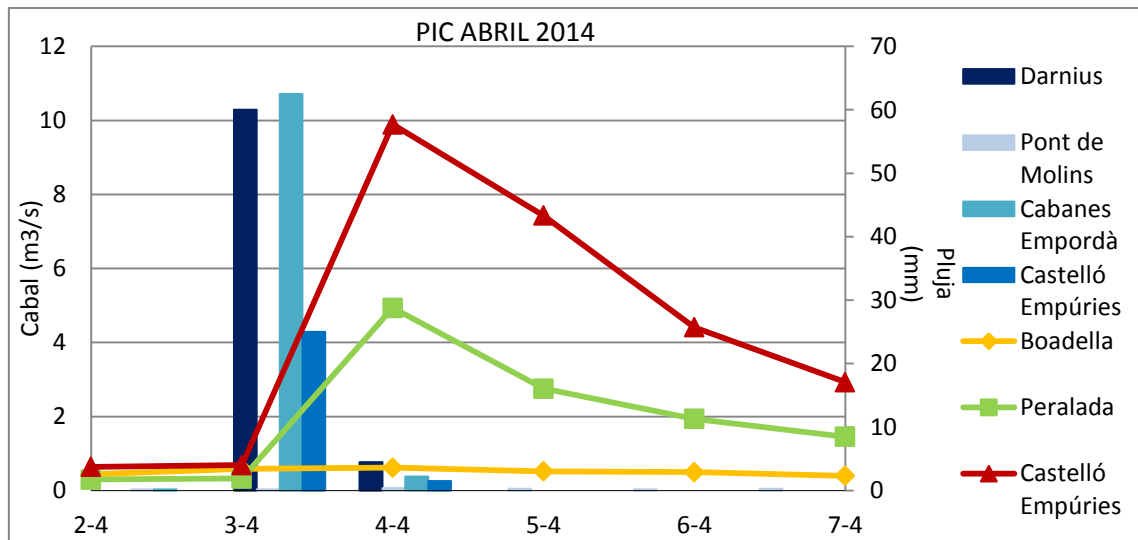
Els cabals de l'any 2014 estan representats en el Gràfic 30. D'aquest any es tenen totes les dades dels tres punts de control.



GRÀFIC 30: CABALS ANY 2014

Durant aquest any hi ha tres pics pronunciats, el primer a principis del mes d'abril, el següent entre els mesos de setembre i d'octubre de 61m<sup>3</sup>/s i l'últim entre novembre i desembre de 458m<sup>3</sup>/s.

El Gràfic 31 mostra els cabals del primer pic del mes d'abril del 2014. Aquest període de cabals elevats va ser comprès entre el 2 i el 7 d'abril.

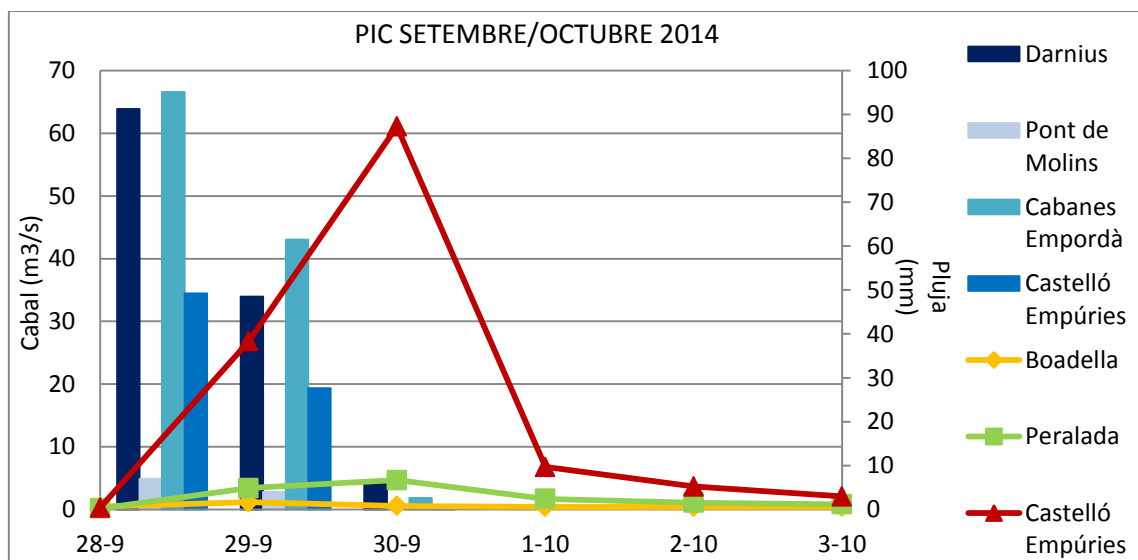


GRÀFIC 31: PIC ABRIL 2014

Com es pot veure en el gràfic van haver-hi 6 dies de pluges. El primer dia va ser molt fluix, el segon dia va ser el que va ploure més, tenint precipitacions de 63mm a Cabanes d'Empordà, la resta de dies del període de pluges va ser molt calmat. Per tant es podria dir que va haver-hi dos dies de pluges importants.

Els tres punts de control tenen el valor màxim de cabal el mateix dia 4 d'abril. Castelló d'Empúries aconseguix un cabal de 10m3/s, Peralada de 5m3/s i Boadella de 0,6m3/s. Com es pot veure Boadella quasi bé no representa canvis durant el període, en canvi els altres dos punts de control tenen una elevació bastant pronunciada. A partir del dia 4 d'abril tots tres punts de control comencen a disminuir els seus cabals.

El pic que ve a continuació és el del mes de setembre i octubre. El Gràfic 32 mostra les dades dels cabals des del dia 28 de setembre fins el 3:



GRÀFIC 32: PIC SETEMBRE/OCTUBRE 2014

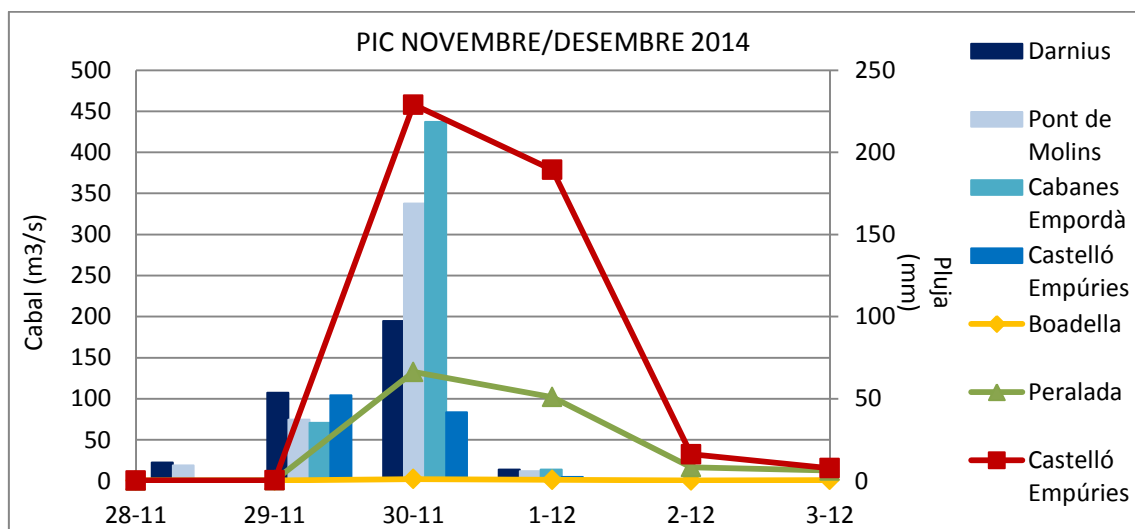
Van haver-hi precipitacions durant els tres primer dies. El primer dia de pluges va ser el més abundant, amb precipitacions de 95mm a Cabanes d'Empordà, 91mm a Darnius i 7mm a Pont de Molins. El següent dia les intensitats van baixar quasi bé la meitat dels valors del dia

anterior. I el tercer dia quasi bé no va haver-hi pluges, sent el màxim a Darnius amb un valor de 6mm.

El valor màxim de cabal va ser el dia 30 de setembre a Castelló d'Empúries, amb un valor de 61m<sup>3</sup>/s, Peralada va tenir el valor màxim el mateix dia amb un cabal de 5m<sup>3</sup>/s, en canvi Boadella va ser el dia anterior (29 de setembre) amb un cabal de 1m<sup>3</sup>/s.

Com es pot veure els cabals màxims de Peralada i Boadella són molt baixos. El cas de Boadella és perquè l'embassament està regulat. En canvi a Peralada podria ser perquè les quantitats de les precipitacions no van ser massa altes, si es miren les columnes de precipitació es veu que a Pont de Molins va ploure quantitats baixes, a Cabanes d'Empordà quantitats altes i a Castelló d'Empúries els valors estan entre les dues estacions anomenades anteriorment, per tant es podria fer la suposició de que a Peralada les pluges no van ser altes.

L'últim pic de l'any 2014 va ser a finals de novembre principis de desembre. A continuació es mostra el Gràfic 33 d'aquest període, sent aproximadament entre el 27 de novembre i el 5 de desembre:



GRÀFIC 33: PIC NOVENBRE/DESEMBRE 2014

Durant aquest pic van haver-hi quatre mesos de precipitacions. El primer dia només va haver-hi pluges a l'Embassament i a Pont de Molins, el següent dia ja va ploure a tots els llocs on hi ha dades, amb precipitacions d'entre 54mm i 35mm. El tercer dia va ser el dia amb precipitacions més significatives, en el lloc on va ploure més va ser a Cabanes d'Empordà aconseguint 219mm. L'últim dia de pluges va ser molt calmat, aconseguint un màxim de 7mm a l'Embassament i a Cabanes d'Empordà.

Si s'observa la línia de Boadella es pot veure que no hi ha masses canvis, el cabal oscil·la entre 0,4 i 2m<sup>3</sup>/s, sent aquest el cabal màxim el dia 30 de novembre. També es pot veure que a l'Embassament de Darnius-Boadella les precipitacions no van ser massa altes, comparat amb els altres llocs.

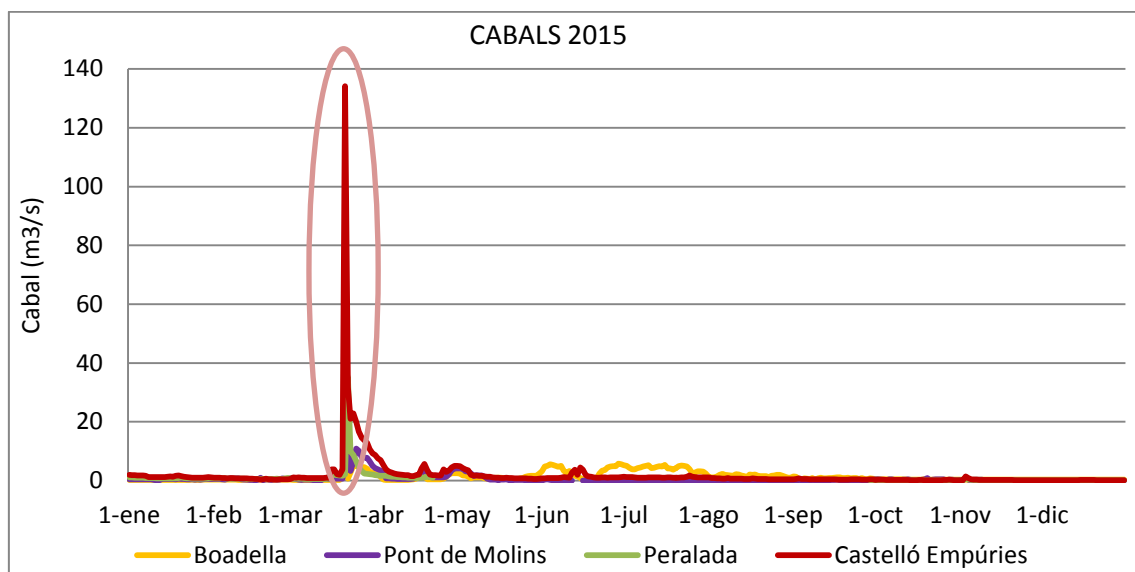
En canvi Castelló d'Empúries i Peralada mostren més diferències de cabals. El dia del cabal més elevat és el mateix que a Boadella. Castelló d'Empúries té un cabal de 460m<sup>3</sup>/s i Peralada de

133m<sup>3</sup>/s. Tots dos cabals són quantitats molt elevades, però és que les precipitacions també ho són, per tant són valors raonables.

Durant aquest any hi ha hagut un total de tres pics, els dos primers són molt baixos comparats amb l'últim. Aquest últim va ser un gran pic, ja que tant els valors de les precipitacions com els cabals són molt elevats.

#### 6.3.5. ANY 2015

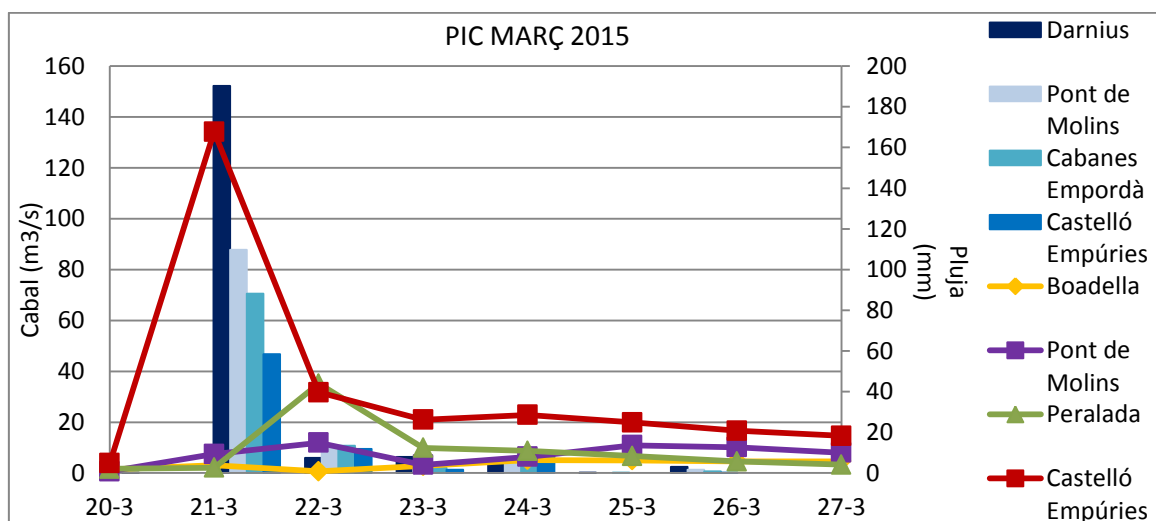
El Gràfic 34 mostra els resultats dels cabals de l'any 2015. En aquest any hi ha dades de tot l'any de Boadella, Castelló d'Empúries i Pont de Molins, però de Peralada hi ha un buit entre finals d'abril i finals de setembre.



GRÀFIC 34: CABALS ANY 2015

A simple vista es pot veure un pic molt pronunciat a finals de març, a banda d'aquesta elevació hi ha petites crescudes durant els mesos d'abril, maig, juny, juliol i agost. La resta d'any tot són valors bastant baixos.

A continuació es dibuixa el gràfic del pic del mes de març. El Gràfic 35 està comprès entre els dies 20 i 27 de març:



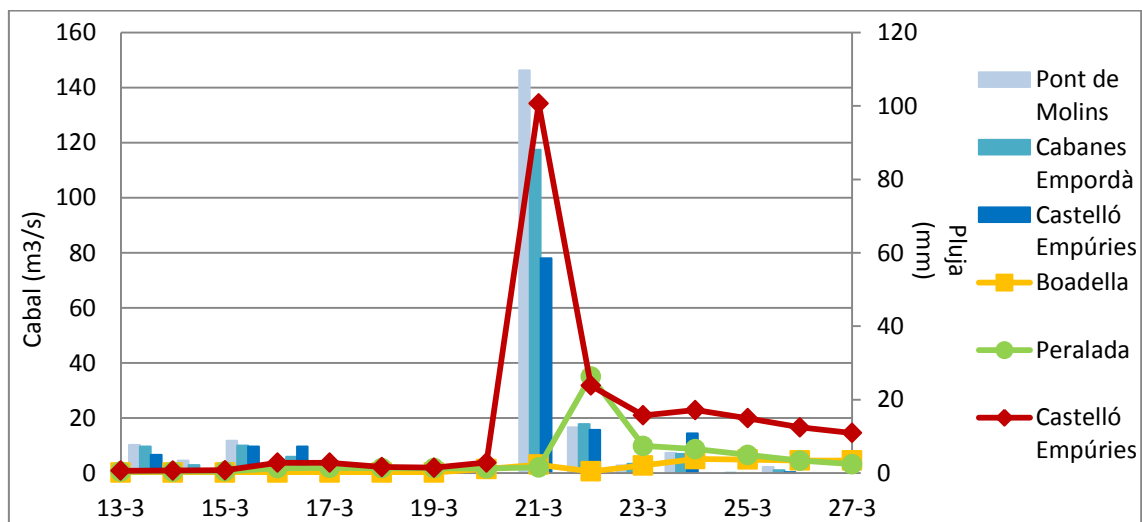
GRÀFIC 35: PIC MARÇ 2015

Durant aquest període van haver-hi sis dies de pluja, el primer és el que va ploure més quantitat, arribant a valors de 190mm a l'Embassament de Boadella, la resta de dies de pluja van ser bastant iguals, amb valors baixos d'entre 13 i 0,10mm.

En aquest gràfic es pot veure una peculiaritat, i és que el primer pic que hi ha és de Castelló d'Empúries, quan en principi hauria de ser l'últim o coincidir amb els altres punts de control, ja que és el que està ubicat a la desembocadura del riu, per tant és l'últim punt de control que recull totes les aigües que venen d'aigües amunt.

Però com es pot veure en el Gràfic 35 el pic de Castelló d'Empúries és el dia 21 de març, el de Peralada i el de Pont de Molins és el 22 de març, i el de Boadella és el dia 24 de març. Per tant primer va haver-hi el pic de Castelló d'Empúries, un dia després el de Peralada i Pont de Molins i el cinquè dia el de Boadella.

El perquè de que el pic de Castelló d'Empúries sigui abans que el dels altres punts de control és a causa de les pluges anteriors d'aquest període, tal i com es mostra en el Gràfic 36:



GRÀFIC 36: PIC MARÇ 2015 AMB LES PLUGES DELS DIES ANTERIORS

Es pot veure que sis dies abans del pic de finals de març van haver-hi pluges en tota la conca de la Muga, per tant els cabals van augmentar. El pic de Castelló d'Empúries és el primer de tots els quatre per l'acumulació de les pluges dels dies anteriors més la pluja del dia 21 de març, aquests factors fan que el pic sigui el primer de tots.

A part de la posició del pic de Castelló d'Empúries, es pot veure que el cabal que porta és d'uns 134m³/s, el valor més elevat de tots els punts de control, ja que està ubicat a la desembocadura el riu Muga.

Tal i com s'ha dit el pic de Peralada i Pont de Molins coincideixen amb el dia, sent el de Peralada més gran que el de Pont de Molins. Com es pot veure en el Gràfic 35 el punt de control de Pont de Molins té un segon pic amb valors molt semblants al primer pic, el dia 25 de març, just un dia després del pic de Boadella. En canvi el pic de Boadella és dos dies més tard, i tampoc és un pic molt pronunciat ja que el cabal varia uns 4m³/s del seu valor habitual.

Es pot dir que l'any 2015 té un pic molt pronunciat el mes de març però la resta de mesos es comporta bastant calmat ja que no va haver-hi pluges massa abundants.



### 6.3.6. RESULTATS OBTINGUTS EN LA ANÀLISIS PER ANYS

La Taula 16 mostra els pics de tots els anys analitzats. En alguns casos no s'ha nombrat Boadella ja que tenia valors de cabals molt semblants als habituals.

ANY	DIA	PC	CABAL (m3/s)
2011	15-mar	Peralada	154
		Boadella	42
	06-nov	Castelló	187
		Peralada	111
		Boadella	1,73
	22-nov	Castelló	364
		Peralada	124
		Boadella	26
		Pont de Molins	43
2012	31-oct	Peralada	17
	29-nov	Castelló	7
		Peralada	3
2013	06-mar	Castelló	128
		Peralada	102
		Boadella	12
	19-nov	Castelló	20
		Peralada	19
2014	04-abr	Castelló	10
		Peralada	5
	30-sep	Castelló	61
		Peralada	5
	30-nov	Castelló	458
		Peralada	132
2015	21-mar	Castelló	134
	22-mar	Peralada	32
		Pont de Molins	12

TAULA 16: RESUM DELS PICS DE CABAL DELS 5 ANYS

D'aquests 5 anys el valor més gran de cabal és a Castelló d'Empúries el 30 de novembre del 2014, amb un cabal de 458m3/s. El cabal més elevat de Peralada és el 15 de març del 2011 amb un cabal de 154m3/s, i pel que fa a Boadella també aconseguix el màxim cabal el dia 15 de març de 2011 arribant a 42m3/s.

L'any que té cabals més baixos és el 2012, van haver-hi dos pics però de poca importància, ja que els cabals van ser més baixos de 20m3/s. Els altres anys en general tenen crescudes importants, tot i que hi ha pics que també són pocs pronunciats.

L'any que va ser més pronunciat va ser 2011, ja que els tres pics que van haver-hi són de valors molt elevats. El 2014 també es podria dir que va ser un any amb diversos pics, però els valors no són tant elevats com el del 2011, ja que van haver-hi dos pics de poca importància.

Comparant per anys també es pot veure quins són els mesos amb cabals més elevats, per tant més plujosos. Quasi bé tots els anys tenen cabals alts el mes de març i principis d'abril, i també finals d'octubre, novembre i desembre.

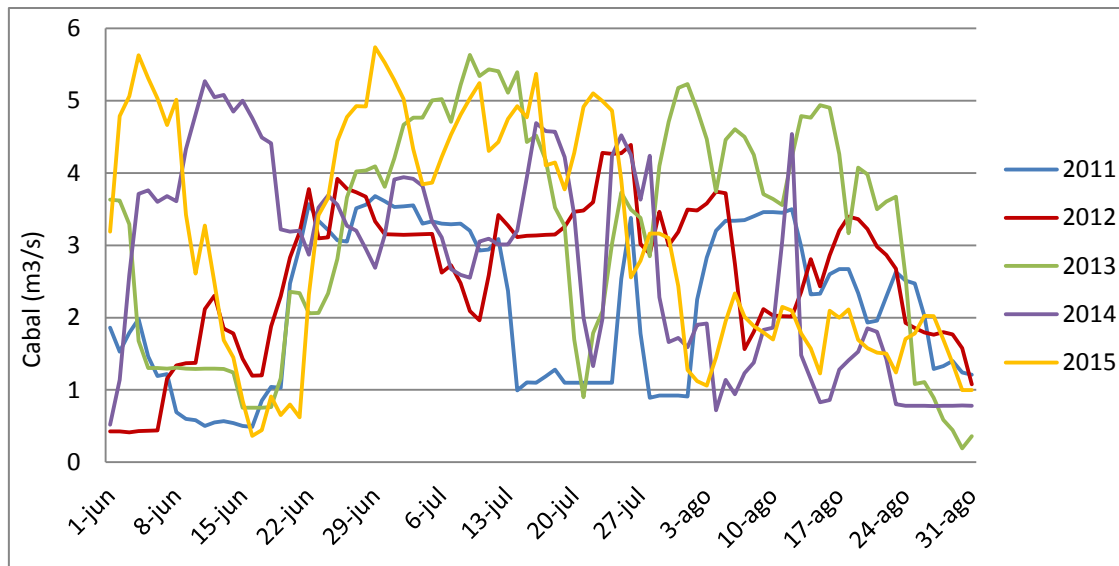
La durada de les pluges quasi bé sempre és de 3-6 dies, per tant no són pluges de llarga durada. Normalment el dia que plou més és dels primers dies del període de pluges, i com a molt hi haurà dos dies amb precipitacions elevades, la resta de dies sempre serà de precipitacions baixes. Quan es parla de precipitacions elevades es refereix a valors més elevats de 60mm, i quan es parla de precipitacions baixes són valors de menys de 20mm.

Si es comparen les diverses estacions pluviomètriques que es tenen dades: Embassament Darnius-Boadella, Pont de Molins, Cabanes d'Empordà i Castelló d'Empúries, es podrà veure un comportament diferent per cada punt. Per exemple Darnius quasi bé sempre és el punt que té més precipitacions, en canvi Castelló d'Empúries és el que normalment té menys precipitació. El comportament de Pont de Molins i Cabanes d'Empordà molts cops és similar, ja que estan molt a prop un de l'altre, però de vegades Pont de Molins també té un comportament molt similar a l'Embassament, ja que té valors molt elevats.

Si es relaciona el cabal amb la pluja, el pic del cabal sempre es veurà el mateix dia o el dia següent dels dies amb forta intensitat. Si hi ha diversos dies amb pluges pot ser que el cabal màxim sigui al final d'aquestes precipitacions, ja que la pluja acumulada fa que el cabal vagi en augment. Després del pic, si no és que torna a haver-hi un altre període de elevades precipitacions, els cabals aniran disminuint fins assolir els valors habituals.

Si s'observen els cabals dels diferents punts de control es poden veure diverses similituds i diferències. Durant els pics, les línies de cabals mantenen una forma similar, quan hi ha pluges els valors dels cabals dels tres punts de control van augmentant, assolint el pic quasi bé sempre el mateix dia entre ells, i quan les pluges paren els cabals van disminuint fins assolir el seu valor habitual a no sé que torni a haver-hi pluges. Pel que fa els valors dels cabals, Castelló d'Empúries quasi bé sempre assolirà els cabals més elevats, a continuació Peralada i per últim Boadella, això és per la ubicació de les estacions d'aforament. Per exemple Boadella sempre hi haurà menys cabal ja que té l'embassament que regula el cabal, Peralada no està ubicat en el riu Muga sinó que és un afluent, i Castelló d'Empúries està a la desembocadura del riu, per tant rebrà l'aigua del riu Muga i de tots els afluents.

Pel que fa el cabal de Boadella durant els mesos de juny, juliol i agost, sempre té valors més elevats que la resta de l'any, ja que durant aquests mesos aconsegueix valors d'uns 6m<sup>3</sup>/s, i quasi bé sempre són valors superiors a 1m<sup>3</sup>/s, en canvi durant la resta de l'any els valors són entre 0 i 2m<sup>3</sup>/s els dies sense pluges. Aquest augment de cabal durant aquest període és degut a que la conca de la Muga és un lloc molt turístic i es necessita més aigua durant aquests mesos que la resta de mesos, ja que la població es triplica, per tant l'embassament deixa passar més aigua durant aquests mesos per abastar la població. El Gràfic 37 mostra els valors dels cabals de Boadella durant els mesos de juny, juliol i agost:



GRÀFIC 37: CABALS JUNY, JULIOL I AGOST

Per tant la conca de la Muga té canvis bastant pronunciats, ja que és una conca petita i quan hi ha elevades pluges els cabals augmenten fàcilment. El fet de com sigui l'estructura del punt de control també fa variar els resultats de cabal i de nivell.

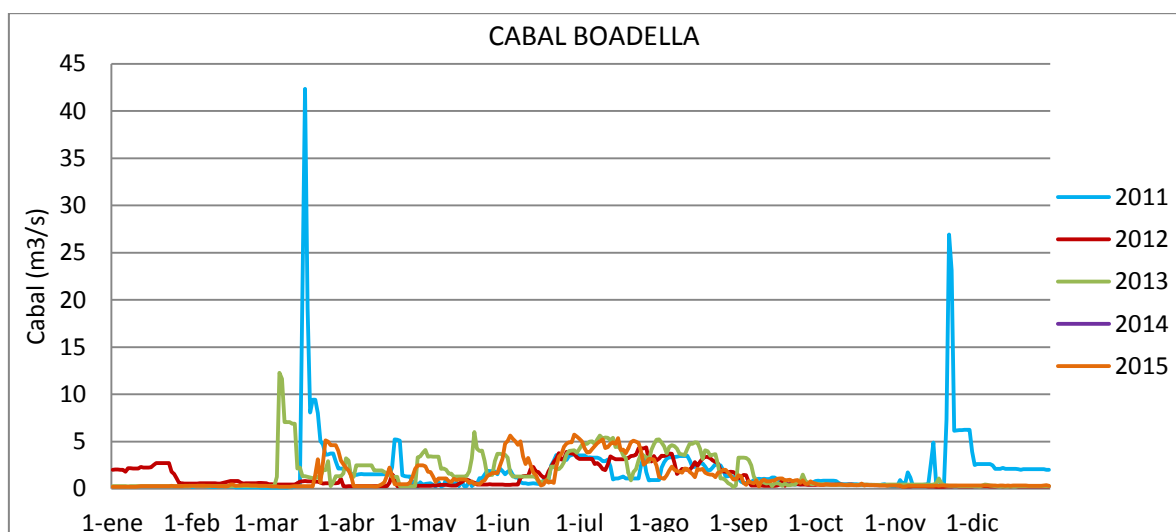
#### 6.4. ANÀLISIS PER ESTACIONS D'AFORAMENT

El següent apartat consisteix en analitzar el comportament dels punts de control que s'han estat treballant. Per tant es tractaran les estacions d'aforament de Boadella, Peralada i Castelló d'Empúries.

Primer s'analitzarà per any complet, i a continuació on hi hagi més elevacions o comportaments anormals, es farà una anàlisi detallada.

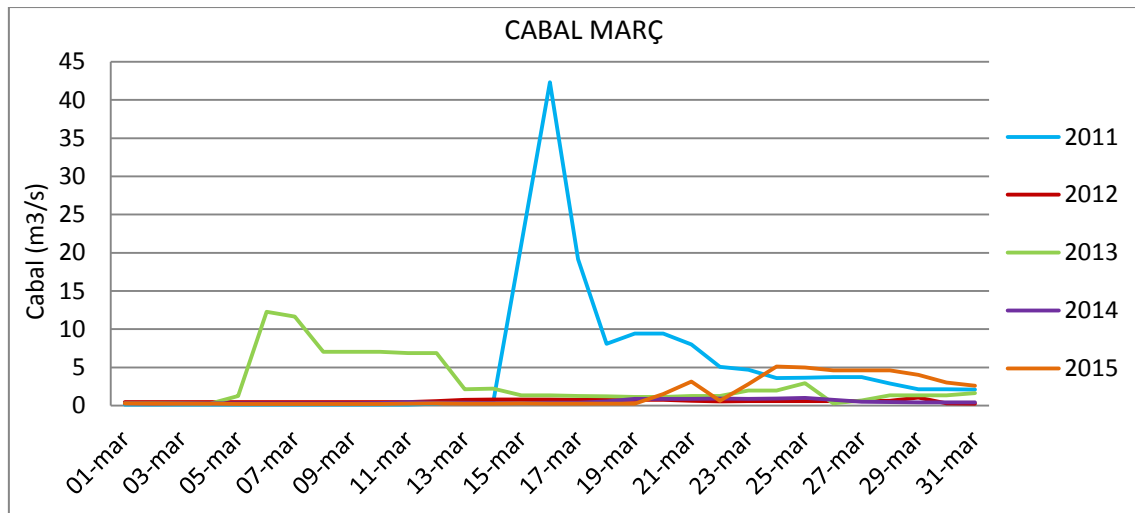
##### 6.4.1. BOADELLA

El primer punt de control que s'estudiarà és Boadella, ubicada després de l'embassament de Darnius-Boadella. El Gràfic 38 mostra els cabals de tots els anys en aquest punt de control:



GRÀFIC 38: CABALS BOADELLA

El mes de març és on hi ha les precipitacions més elevades d'aquests 5 anys, el Gràfic 39 mostra els valors del mes de març:

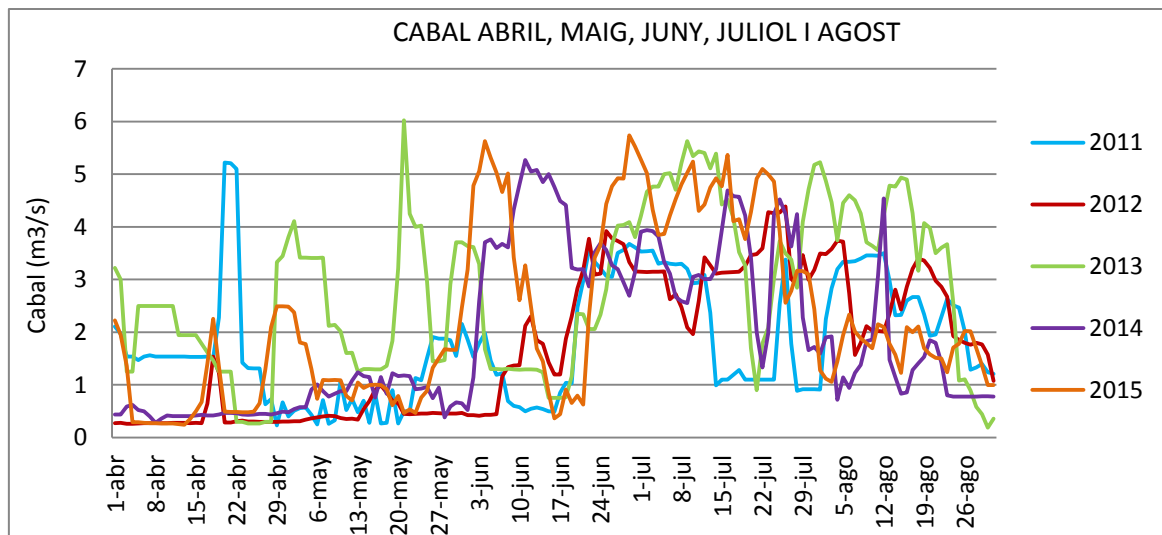


GRÀFIC 39: CABALS BOADELLA MARÇ

Com es pot veure els únics anys que destaquen per pics alts són el 2011 i el 2013, els altres anys es comporten amb valors similars.

El pic de l'any 2011 va arribar a un cabal de 42m³/s, i el del 2013 a 12m³/s. Són valors bastant pronunciats en comparació els cabals que té Boadella habitualment. Aquests pics són deguts a que el mes de març acostuma a haver-hi pluges amb altes intensitats.

Durant els mesos d'abril, maig, juny, juliol i agost, el comportament de Boadella va ser bastant oscil·latori, molts augments i disminucions de cabal, tal i com es representa en el Gràfic 40:

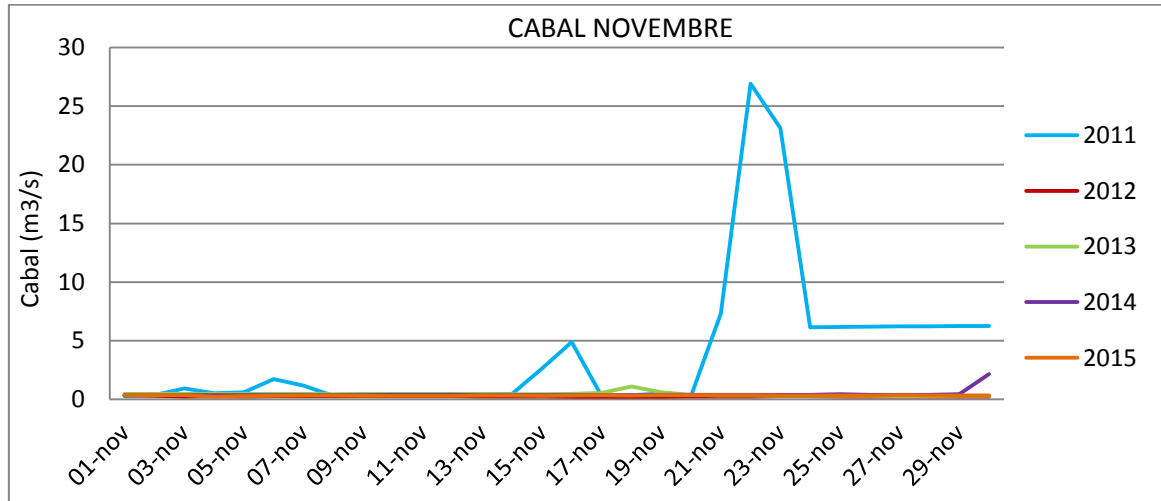


GRÀFIC 40: CABALS BOADELLA ABRIL, MAIG, JUNY, JULIOL I AGOST

Els mesos que hi ha més augment són els de juny, juliol i agost, el període d'estiu, que és quan la població de la conca augmenta pel turisme i la demanda de gran quantitat d'aigua pel regadiu, llavors és necessari més aigua per poder satisfer les necessitats. Aquesta aigua s'aconsegueix de l'embassament, per tant l'embassament de Darnius-Boadella deixa passar més aigua que la resta de mesos.

A partir del mes d'agost, els mesos de setembre i d'octubre són bastant calcats. A mitjans de novembre comencen un altre cop les pluges, per tant els cabals augmenten.

El mes de novembre és el també té valors de cabals elevats, aconseguint uns 27m<sup>3</sup>/s a finals de novembre de l'any 2011, en canvi la resta d'anys no hi ha pics. El Gràfic 41 mostra els valors de cabals del mes de novembre:



GRÀFIC 41: CABAL BOADELLA NOVEMBRE

Es pot veure una gran elevació de l'any 2011, en canvi els altres anys estan per sota la mitjana del mes de novembre.

En definitiva, el punt de control de Boadella és molt calmat ja que està regulat per l'embassament de Darnius-Boadella. Hi ha pics pronunciats quan hi ha precipitacions, els mesos més propensos a haver-hi pluges són març i novembre, tal i com s'ha vist en els anteriors anàlisis.

La següent Taula 17 mostra les mitjanes de cabals (m<sup>3</sup>/s) de Boadella de cada mes i cada any:

	Q 2011	Q 2012	Q 2013	Q 2014	Q 2015	Q mesos
Gener	0,15	1,94	0,28	0,28	0,26	0,58
Febrer	0,20	0,63	0,29	0,27	0,33	0,34
Març	4,97	0,59	2,87	0,50	1,50	2,09
Abril	1,80	0,37	1,71	0,44	0,89	1,04
Maig	0,85	0,48	2,69	0,88	1,20	1,22
Juny	1,83	2,05	2,10	3,64	3,26	2,58
Juliol	2,11	3,20	4,11	3,31	4,26	3,40
Agost	2,47	2,52	3,36	1,38	1,67	2,28
Setembre	0,75	0,52	1,13	0,84	0,82	0,81
Octubre	0,55	0,41	0,44	0,36	0,40	0,43
Novembre	3,94	0,25	0,43	0,43	0,32	1,08
Desembre	2,27	0,26	0,29	0,45	0,34	0,72
<b>TOTAL (m³/s)</b>	<b>1,83</b>	<b>1,10</b>	<b>1,64</b>	<b>1,07</b>	<b>1,27</b>	<b>1,38</b>

TAULA 17: VALORS DELS CABALS DE BOADELLA DELS 5 ANYS

La mitjana de cabal de Boadella dels 12 mesos i els 5 anys dona un total de 1,38m<sup>3</sup>/s.

En general hi ha un comportament molt semblant entre anys menys l'any 2011 que té valors superiors als altres, ja que va ser un any amb altes precipitacions.

Si s'observen els resultats es pot veure que la mitjana més alta és el mes de juliol, que és quan hi ha més turistes a la conca i es necessita més aigua pels regadius que es distribueixen entre el canal de la dreta i de l'esquerra de Pont de Molins, i per tant el cabal és elevat ja que l'embassament deixa passar més aigua. També són mitjanes elevades les dels mesos de juny i d'agost, per la mateixa raó que el mes de juliol. A part si es miren les mitjanes per anys també es pot veure que en els 5 anys les mitjanes dels mesos de juny, juliol i agost han estat altes comparades amb les altres que no hi ha hagut precipitacions pel fet de la regulació d'aigua de l'embassament.

El mes amb la mitjana més baixa és el mes de febrer i a continuació octubre, ja que són mesos que queden lluny de l'estiu i són just els mesos anteriors de les precipitacions, per tant els valors dels cabals són els més baixos a causa de la sequera.

En canvi si s'estudien els resultats dels mesos que tenen cabals més elevats, com seria el mes de març i novembre, es pot veure que tenen mitjanes pel voltant de la mitjana total de Boadella. Això és perquè només són uns dies que el cabal aconsegueix valors elevats, però la resta de dies tenen valors baixos.

El Taula 18 mostra les mitjanes de les pluges del pluviòmetre de l'embassament de Darnius-Boadella, que és el pluviòmetre que queda més a prop del punt de control de Boadella:

	P 2011	P2012	P2013	P2014	P2015	P mesos
Gener	0,00	0,80	0,20	0,67	0,48	0,43
Febrer	0,22	0,01	0,81	0,70	0,71	0,49
Març	7,43	1,40	9,88	1,41	8,39	5,70
Abril	1,51	1,82	2,67	2,15	2,77	2,19
Maig	0,77	1,00	2,91	0,54	0,66	1,18
Juny	3,21	1,33	0,89	1,36	1,82	1,72
Juliol	0,83	0,15	1,47	1,66	5,56	1,93
Agost	0,27	0,69	1,21	4,55	2,53	1,85
Setembre	1,32	1,80	1,63	5,05	1,56	2,27
Octubre	3,52	6,02	1,84	0,58	2,86	2,97
Novembre	10,23	1,37	4,49	5,59	2,94	4,92
Desembre	0,04	0,04	0,29	1,18	0,03	0,32
<b>TOTAL (mm)</b>	<b>2,45</b>	<b>1,37</b>	<b>2,36</b>	<b>2,12</b>	<b>2,53</b>	<b>2,16</b>

TAULA 18: VALORS DE LES PLUGES DE L'EMBASSAMENT DE DARNIUS-BOADELLA DELS 5 ANYS

Els anys amb més pluges en el punt de control de l'embassament van ser el 2011 i el 2015, que estan per sobre la mitjana, i l'any amb menys pluges va ser el 2012. Com es pot veure no hi ha tanta diferència de cabal entre el valor màxim, l'any 2015, i els anys 2013 i 2014.

Els mesos amb més precipitacions van ser març i novembre, oscil·lant entre 5 i 6 m<sup>3</sup>/s. Els mesos que hi ha al voltant d'aquests dos pics tenen valors entre 3 i 0,2 m<sup>3</sup>/s. Per exemple el mes de març, el mes anterior té valors de cabals molt baixos, no passant de 0,71, i el més

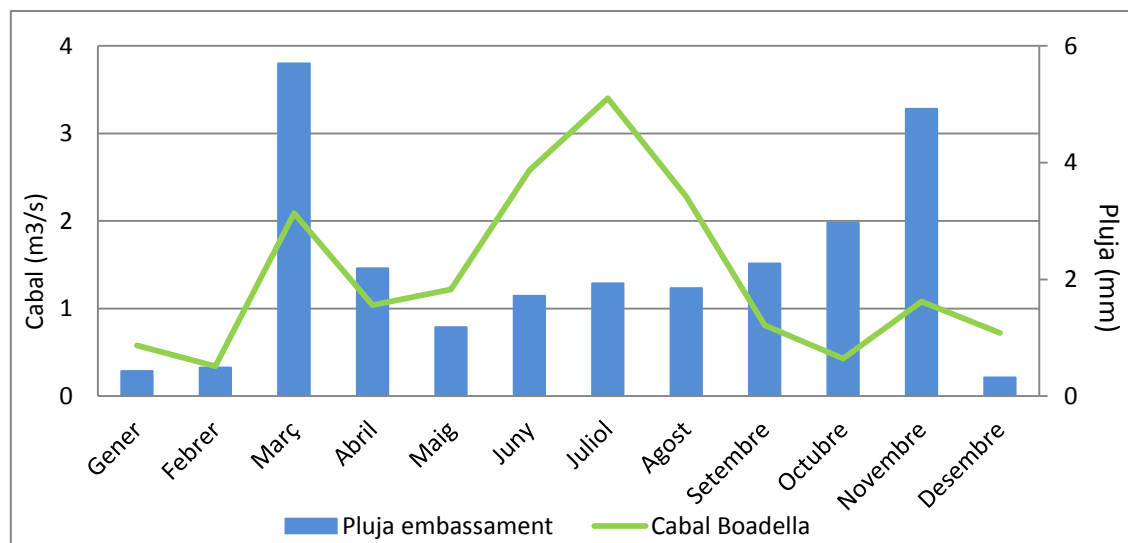


següent de març els valors són més elevats ja que té cabal acumulat del mes de març. En canvi el mes de novembre és el revés, el mes anterior té un cabal de 3m<sup>3</sup>/s i el mes següent té cabals de 0,3m<sup>3</sup>/s, això és degut a les pluges que van haver-hi en els mesos anteriors.

Els mesos amb menys cabal són desembre, gener i febrer, això és degut a que són mesos que no acostuma a ploure massa.

L'any que va ploure menys va ser el que va tenir un cabal més baix. En canvi els dos anys que va ploure més, el 2011 si que va tenir cabals elevats, però el 2015 no va tenir cabals tant pronunciats com els altres.

El Gràfic 42 és una comparació per mesos dels cabals a Boadella i les pluges de l'embassament de l'any 2011 al any 2015:



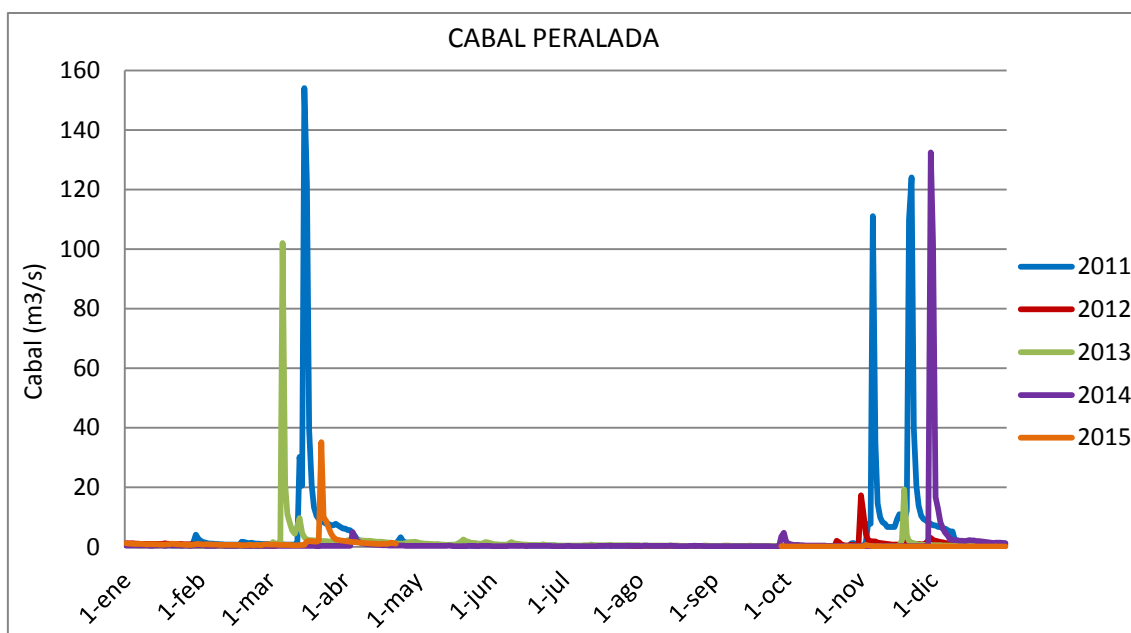
GRÀFIC 42: COMPARACIÓ PER MESOS DELS CABALS I LES PLUGES DE BOADELLA

Com es pot observar en el gràfic els mesos amb cabals més elevats van ser els mesos d'estiu. El fet de que el mes de juliol tingui valors de cabals elevats però que no hi haguessin masses precipitacions elevades és degut a que l'embassament deixava passar més aigua que els altres mesos per poder complir amb les necessitats de la conca. Els altres mesos que presenten menys precipitacions, per exemple: gener, febrer, desembre; són mesos que els cabals són més baixos. El mes d'octubre també és un dels mesos amb precipitacions altes però no mostra cabals elevats ja que ha de recuperar tot el cabal que havia perdut en el mes de setembre per les baixes precipitacions.

Els mesos que hi ha precipitacions altes són març i novembre, els cabals també són elevats però no tant com els mesos d'estiu, ja que el cabal ha estat més constant aquests 5 anys durant els mesos d'estiu que durant els mesos de precipitacions, ja que van haver-hi anys que els cabals no van ser tant alts per això la mitjana de cabal no es tant alta.

#### 6.4.2. PERALADA

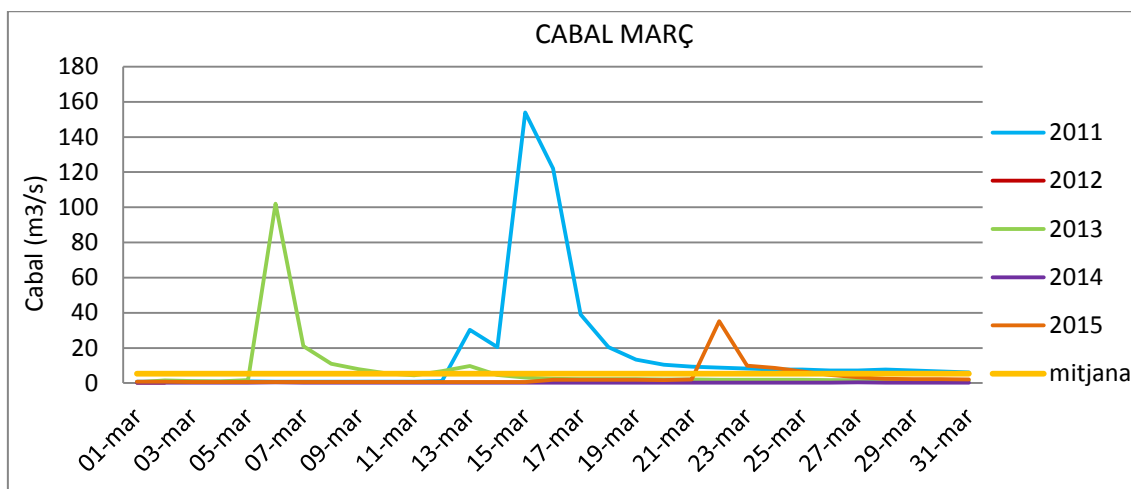
El següent punt de control és Peralada. Aquesta estació d'aforament està situada al riu Llobregat de la Muga, per tant és un afluent del riu Muga. El Gràfic 43 són els cabals de tots els 5 anys d'aquest punt de control:



GRÀFIC 43: CABALS PERALADA

D'aquest punt de control hi ha mesos que no hi ha dades, per tant es mostren com a buits. En aquests anys el que es pot veure a simple vista és que va haver-hi pics bastant pronunciats en els mesos de març, novembre i desembre.

El primer mes que mostra un comportament diferent és el mes de març, tal i com es representa en el Gràfic 44:

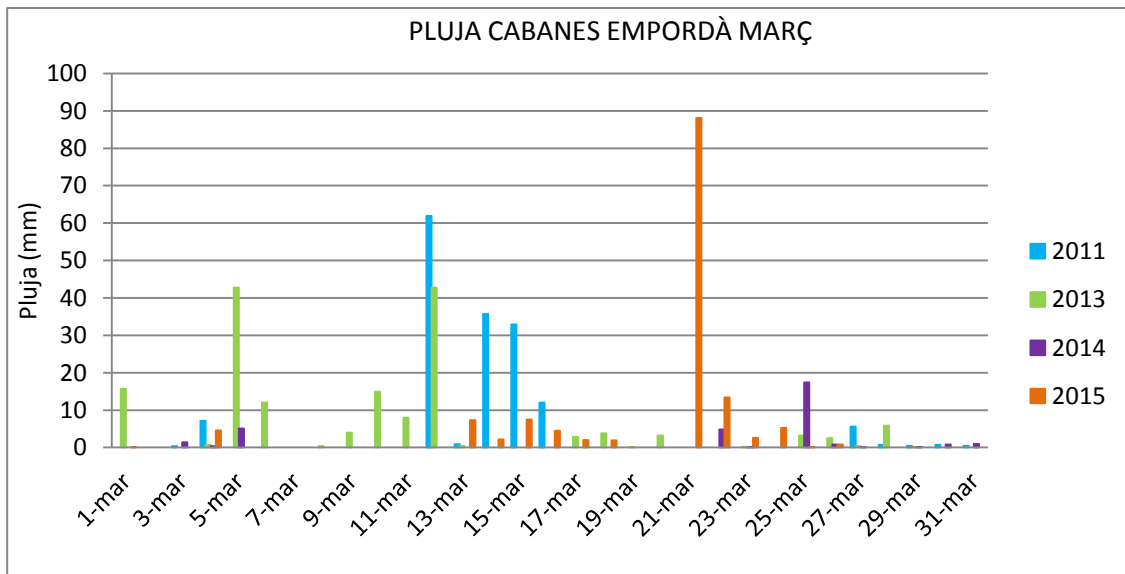


GRÀFIC 44: CABALS PERALADA MARÇ

Com es pot veure els anys 2011, 2013 i 2015. De l'any 2012 només hi ha dades dels dos primers dies de març, i del 2014 hi ha dades de tot el mes però van ser cabals molt baixos ja que les pluges no van ser massa altes.

Es pot veure un primer pic de l'any 2013 que el cabal màxim va ser de 102m³/s, el següent pic va ser de l'any 2011 amb un valor màxim de 154m³/s i l'últim pic és de l'any 2015 de 35m³/s.

El Gràfic 45 representa les dades enregistrades en el pluviòmetre de Cabanes d'Empordà, molt a prop del punt de control de Peralada:



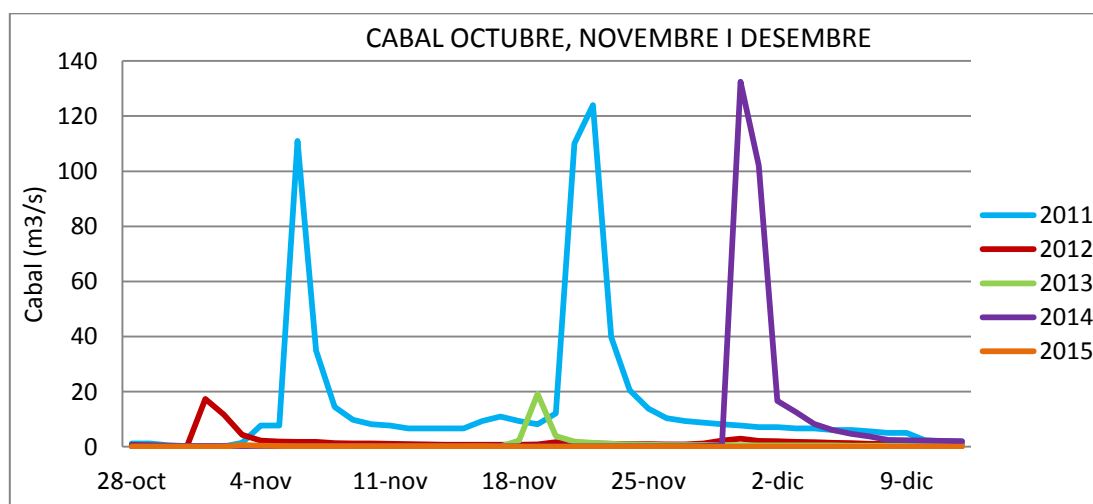
GRÀFIC 45: PLUJA CABANES D'EMPORDÀ MARÇ

Tal i com es pot veure les pluges coincideixen amb els pics dels cabals. I també es pot demostrar que l'any 2014 quasi bé no va ploure, i les quantitats no van ser elevades.

El mes d'abril va començar amb cabals alts en el any 2011 i també en el 2014 a causa de les pluges del mes de març, però després ja es va estabilitzar amb els valors dels cabals habituals.

Els mesos de maig, juny, juliol, agost i setembre van ser molt lineals i van tenir un comportament molt similar, amb cabals d'entre 0,2 i 5m<sup>3</sup>/s.

A partir de finals d'octubre fins a mitjans de desembre és quan tornen a haver-hi precipitacions, ja que els cabals de quasi bé tots els anys augmenten representant pics, tal i com es pot veure en el següent gràfic:



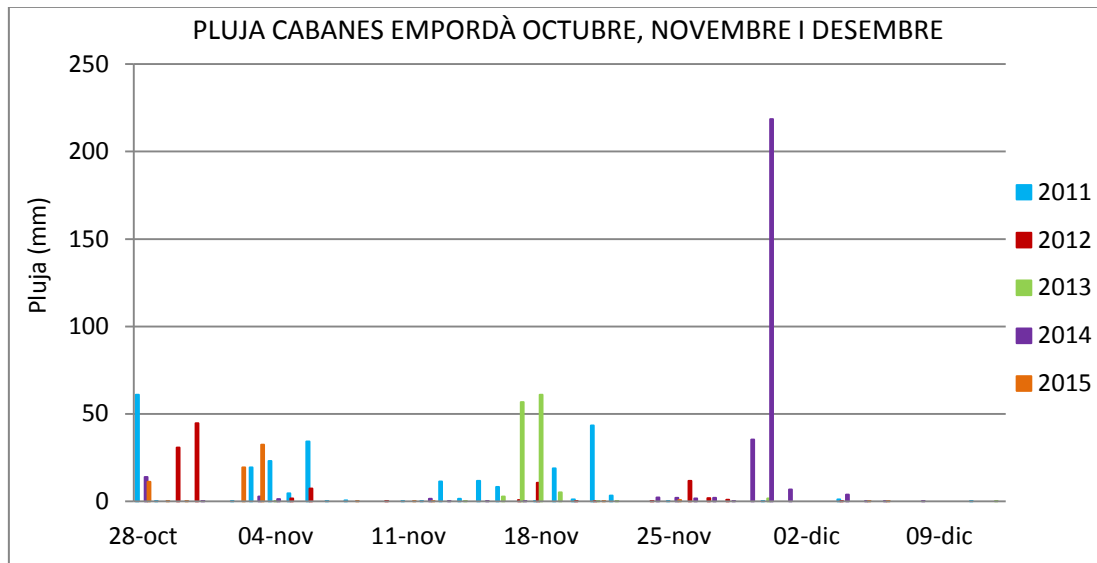
GRÀFIC 46: CABALS PERALADA OCTUBRE, NOVENBRE I DESEMBRE

Hi ha pics de tots els anys menys de l'any 2015, ja que en aquest any les precipitacions no van ser massa abundants.

En canvi dels altres anys si que hi ha pics, el primer pic que hi ha és a principis de novembre el any 2012, si s'observa el Gràfic 46 es pot veure que les pluges a Castelló d'Empúries l'any 2012 van ser elevades de finals d'octubre fins a principis de novembre. De l'any 2011 hi ha dos pics

molt pronunciats, el primer de 111m<sup>3</sup>/s a principis de novembre que també es poden contemplar unes precipitacions altes en aquestes dates, i el segon pic és a finals de novembre amb un cabal de 124m<sup>3</sup>/s. L'any 2013 hi ha un pic de 20m<sup>3</sup>/s a mitjans de novembre, si s'observa el Gràfic 47 es pot veure que hi ha unes precipitacions de 60mm a les mateixes dates. I finalment l'any 2014 hi ha un pic a finals de novembre i principis de desembre de 132m<sup>3</sup>/s que també es representa en el gràfic de pluges de Peralada amb un valor de 218mm.

Per tant es poden corroborar tots els pics de cabals amb les precipitacions que van haver-hi a finals d'any.



GRÀFIC 47: PLUGES CABANES EMPORDÀ OCTUBRE, NOVENBRE I DESEMBRE

A continuació es mostra la Taula 19 amb les mitjanes de cabals de cada mes, de cada any i de cada mes pels 5 anys. Com es pot veure la mitjana de Peralada de tots aquests anys és de 1,53m<sup>3</sup>/s.

	Q 2011	Q 2012	Q 2013	Q 2014	Q 2015	Q mesos
Gener	0,69	0,94	0,43	0,38	0,85	0,66
Febrer	1,07	0,41	0,28	0,34	0,66	0,55
Març	16,24	0,31	6,87	0,29	3,15	5,37
Abril	2,03		1,70	0,83	1,27	1,46
Maig	0,52		1,16	0,28		0,65
Juny	0,42		0,74	0,25		0,47
Juliol	0,31	0,32	0,50	0,26		0,35
Agost	0,25	0,26	0,38	0,28		0,29
Setembre	0,18	0,16	0,30	0,43	0,15	0,25
Octubre	0,21	0,88	0,20	0,45	0,11	0,37
Novembre	21,08	1,75	1,23	4,63	0,14	5,77
Desembre	2,81	0,90	0,44	6,36	0,10	2,12
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>3,82</b>	<b>0,66</b>	<b>1,19</b>	<b>1,23</b>	<b>0,80</b>	<b>1,53</b>

TAULA 19: VALORS DELS CABALS DE PERALADA DELS 5 ANYS

L'any que el cabal va ser més elevat en diferència va ser el 2011, entre el 2013 i el 2014 van tenir valors molt similars, i entre el 2012 i el 2015 van ser els cabals més baixos i també amb valors semblants.

Els mesos amb cabals més pronunciats són el mes de març i novembre, i amb cabals més baixos el mes de juliol i octubre. Es pot veure que quasi bé tots els mesos, menys març, abril, novembre i desembre, els cabals són molt baixos, oscil·lant entre 0,2 i 0,7m<sup>3</sup>/s. En canvi els mesos en que els cabals són més elevats, març i novembre, el mes de després els cabals tenen valors al voltant de 2m<sup>3</sup>/s, ja que el cabal està establint al seu valor habitual.

Els anys 2012 i 2015 tenen un període que no hi ha dades, ja que el sensor no va funcionar bé i no es van enregistrar les dades, per tant la mitjana total d'aquest any no té perquè estar bé, ja que els mesos que estan buits modificarien aquesta mitjana. A més coincideix que són els anys que tenen el cabal mes baix, per tant aquest cabal podria ser més alt o més baix depenent dels valors que tinguessin aquests buits. Es podria fer la hipòtesis de que les mitjanes serien més o menys el mateix cabal, ja que els mesos que hi ha buits són mesos molt calcats i que no hi ha cabals masses elevats comparant-ho amb els altres anys que si que hi ha dades.

D'aquest punt de control hi ha dades del pluviòmetre de Cabanes d'Empordà, és l'estació meteorològica de la qual es tenen dades, que queda més a prop de Peralada, la Taula 20 mostra les mitjanes d'aquesta estació:

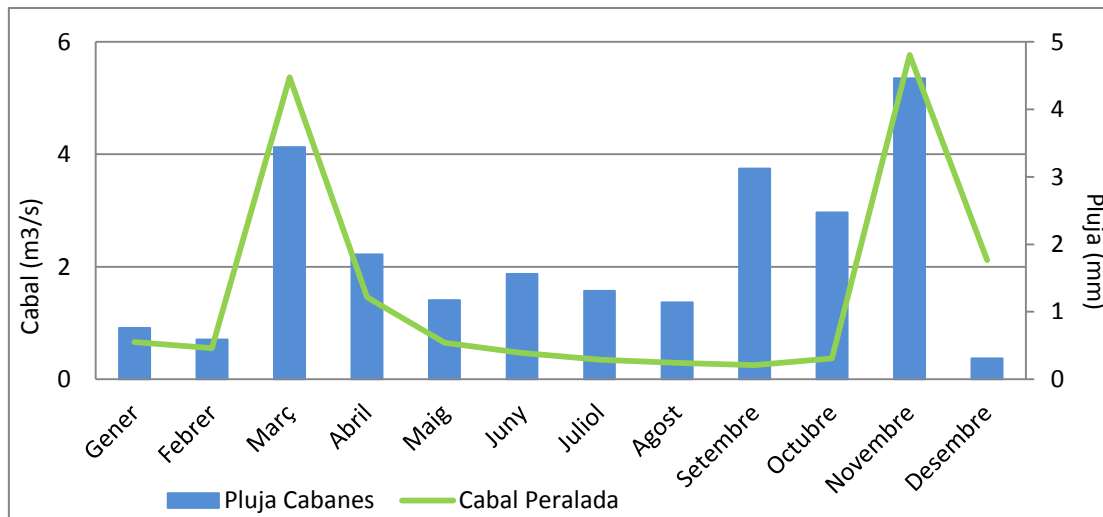
	P 2011	P 2012	P 2013	P 2014	P 2015	P mesos
Gener	1,19	0,57	0,16	1,07	0,82	0,76
Febrer	0,34	0,03	0,81	1,08	0,70	0,59
Març	5,13	1,23	5,28	1,03	4,53	3,44
Abril	1,09	1,57	2,45	2,58	1,58	1,85
Maig	0,49	1,67	2,71	0,64	0,32	1,17
Juny	1,28	0,42	1,45	0,39	4,28	1,56
Juliol	1,68	0,83	1,21	1,70	1,11	1,31
Agost	0,42	0,90	1,29	2,15	0,96	1,14
Setembre	0,65	4,47	2,03	6,77	1,67	3,12
Octubre	3,48	5,90	0,94	0,65	1,40	2,47
Novembre	6,09	1,21	4,27	8,94	1,77	4,46
Desembre	0,04	0,04	0,24	1,21	0,01	0,31
<b>TOTAL (mm)</b>	<b>1,82</b>	<b>1,57</b>	<b>1,90</b>	<b>2,35</b>	<b>1,60</b>	<b>1,85</b>

TAULA 20: VALORS DE LES PLUGES DE CABANES D'EMPORDÀ DELS 5 ANYS

Els anys amb més pluges a l'estació meteorològica de Cabanes d'Empordà van ser el 2014 i el 2013, a continuació el 2011 i el 2015, i l'any amb menys pluges va ser el 2012.

Les mitjanes de mesos es pot veure que els mesos que van tenir precipitacions més elevades van ser març, setembre i novembre. I les pluges més baixes van ser desembre, gener i febrer.

El següent Gràfic 48 mostra la mitjana dels cabal de Peralada i la pluja de Cabanes d'Empordà dels cinc anys:



GRÀFIC 48: COMPARACIÓ PER MESOS DELS CABALS I LES PLUGES DE PERALADA

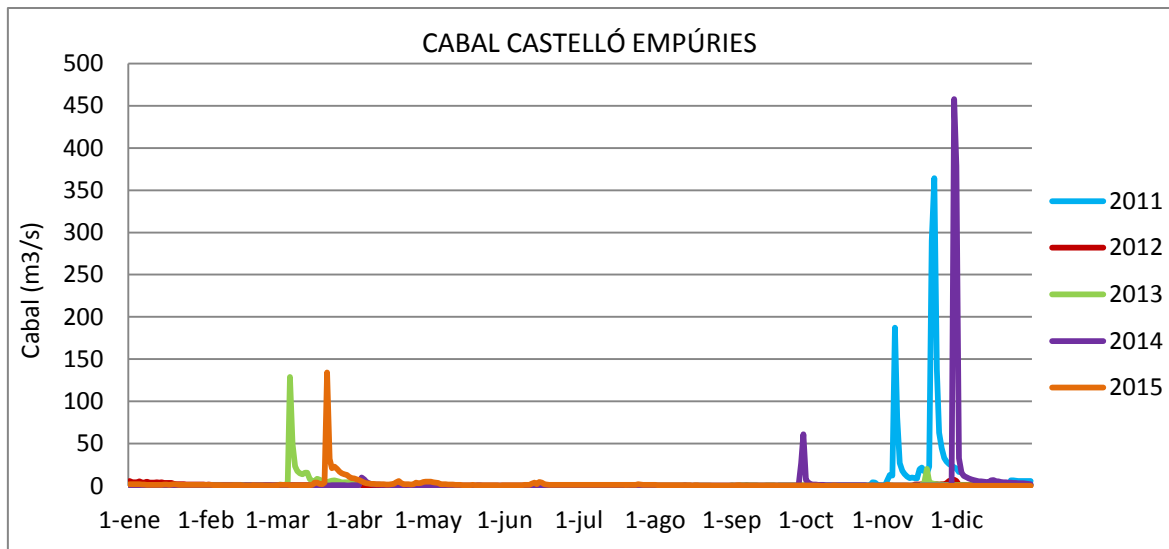
En aquest punt de control si que es pot veure que quan hi ha pics de precipitació també hi ha pics de cabals, per exemple el mes de Març es pot veure que la mitja de precipitació és de 3,4mm i la mitja de cabals és de 5,37m³/s, en canvi els mesos que hi ha al seu voltant la precipitació és més baixa i el cabal també. Els mesos de setembre i octubre hi ha precipitacions altes però com que els cabals dels mesos anteriors han estat baixos, els cabals d'aquests mesos aniran ascendint a poc a poc.

Els mesos de juny, juliol i agost es pot veure que el cabal disminueix en comparació amb els mesos de gener i febrer que és quan les precipitacions són més baixes que les dels mesos d'estiu. Això és degut a les temperatures altes i que hi ha una demanda d'aigua important ja que són els mesos més turístics.

Pel que fa la relació entre els cabals i les pluges d'aquesta estació d'aforament és molt constant, ja que quan hi ha altes precipitacions els cabals també augmenten, en canvi quan les precipitacions són baixes els cabals augmenten el seu valor habitual però no presentant masses canvis.

#### 6.4.3. CASTELLÓ D'EMPÚRIES

L'última estació d'aforament per analitzar és Castelló d'Empúries, ubicada a la desembocadura del riu Muga. El Gràfic 49 mostra els resultats d'aquest punt de control:

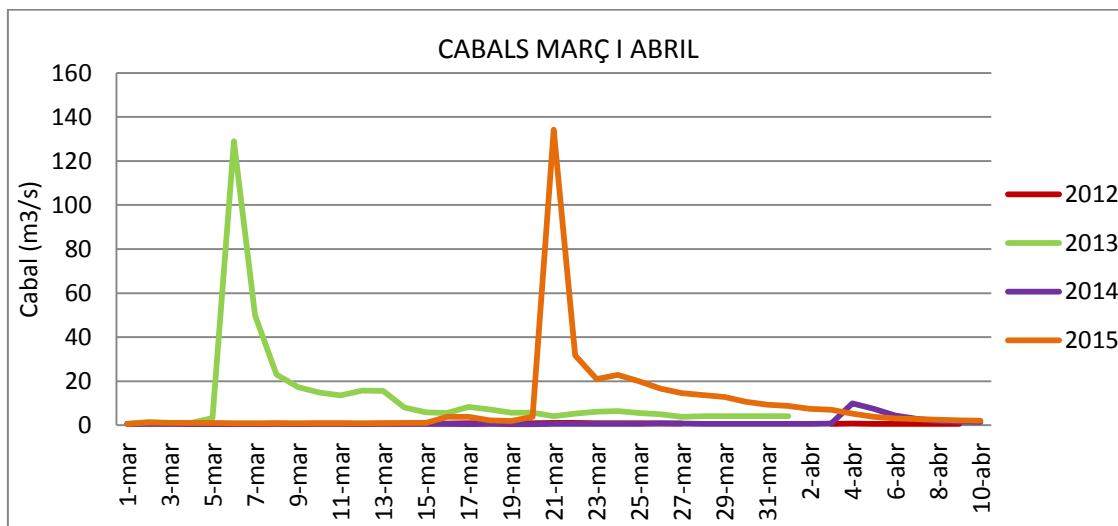


GRÀFIC 49: CABALS CASTELLÓ D'EMPÚRIES

D'aquesta estació hi ha anys que no hi ha masses dades, per exemple de l'any 2011 no hi ha dades des del gener fins a finals de setembre, de l'any 2012 entre el juny i el setembre tampoc hi ha dades, i del any 2013 no hi ha dades dels mesos de maig, juny i octubre.

En aquest punt de control es poden veure pics molt pronunciats els mesos de març, abril, octubre, novembre i desembre, que coincideix amb els mesos de més precipitacions.

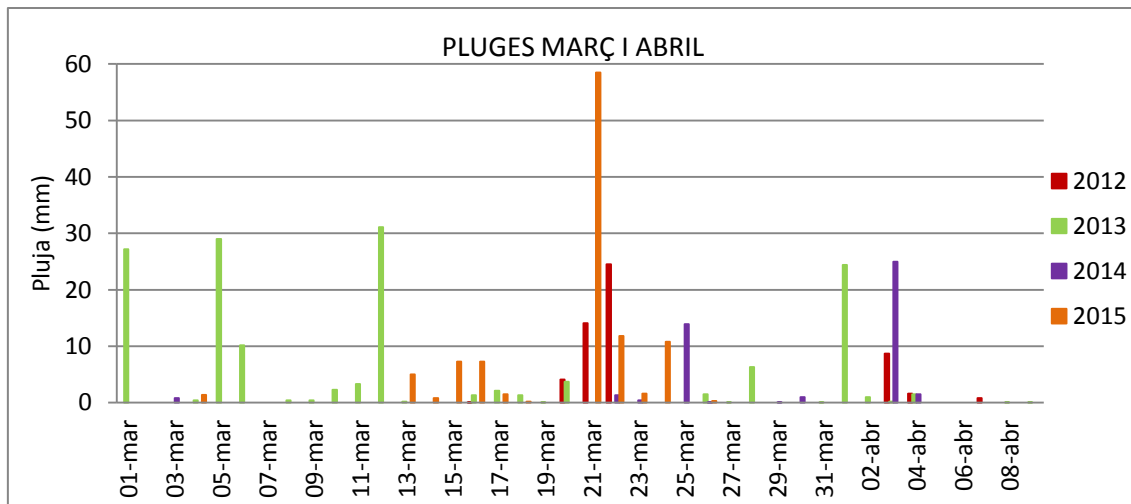
Els primers dos mesos van ser molt calmats, ja que no presenten cap tipus de cabal molt elevat, el cabal màxim que hi ha en el mes de gener i el de febrer és de 5m³/s. En canvi a partir de principis del mes de març fins el mes d'abril es poden observar diversos pics, tal i com es representen en el Gràfic 50:



GRÀFIC 50: CABALS CASTELLÓ D'EMPÚRIES MARÇ I ABRIL

Per poder fer una bona anàlisis també es presenten els valors dels pluviòmetres de Castelló d'Empúries en el Gràfic 51:





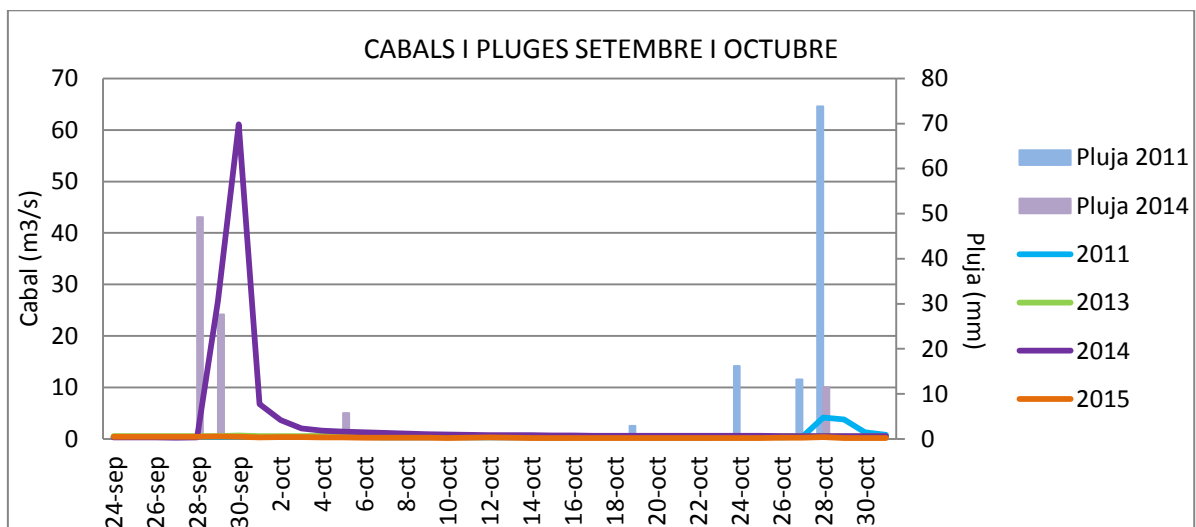
GRÀFIC 51: PLUGES CASTELLÓ D'EMPÚRIES MARÇ I ABRIL

Com es pot veure en el Gràfic 50 hi ha un total de tres pics que són dels anys 2013, 2014 i 2015. De l'any 2012 només hi ha dades a partir de l'abril i com que no hi ha quasi bé pluges a partir d'aquest mes, no es poden contemplar pics.

El primer pic és de l'any 2013 a principis del mes de març, durant aquest període van haver-hi pluges entre l'1 i el 12 de març, per això hi ha una alta crecuda de 129m<sup>3</sup>/s i després del pic el cabal comença a disminuir. El segon pic és a partir de mitjans de març de l'any 2015, exactament el 21 de març, quan les pluges aconseguixen un valor màxim de 60mm i el cabal és de 134m<sup>3</sup>/s, després del pic el cabal està disminuint durant uns 10 dies fins que torna a tenir valors habituals. L'últim pic és a principis d'abril de l'any 2014, és un pic molt poc elevat, ja que aconseguix un cabal de 5m<sup>3</sup>/s i també coincideix amb els dies que hi ha pluges.

A partir del mes d'abril fins a finals de setembre el cabal de Castelló d'Empúries es comporta molt calmat, ja que els valors són entre 0,2 i 5m<sup>3</sup>/s.

A finals de setembre i el mes d'octubre hi ha dos pics, el Gràfic 52 mostra els cabals d'aquest període i les pluges del pluviòmetre de Castelló d'Empúries:

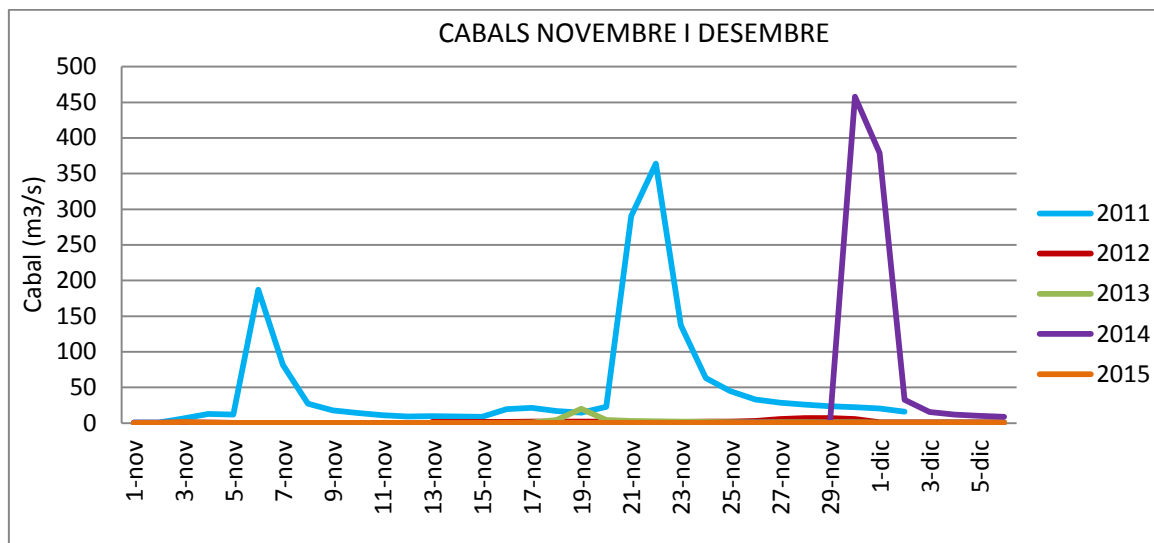


GRÀFIC 52: CABALS I PLUGES CASTELLÓ D'EMPÚRIES SETEMBRE I OCTUBRE

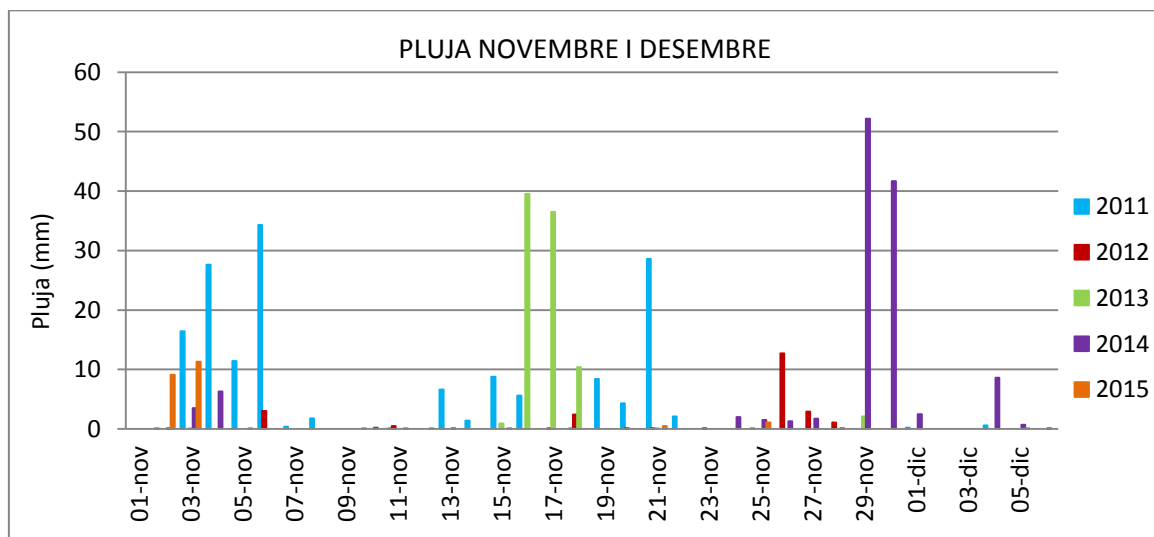
El cabal màxim va ser el dia 30 de setembre del 2014 amb un valor de 61m<sup>3</sup>/s, les pluges van ser dos dies abans aconseguint el valor màxim de 49mm el primer dia i el següent dia disminuint a 28mm. A finals d'octubre del 2011 també hi ha un pic de 5m<sup>3</sup>/s a causa de la precipitació que va haver-hi.

Els anys 2013 i 2014 no van presentar cap símptoma diferent del habitual, del 2012 no hi ha dades d'aquests dos mesos.

El mes de novembre i principis de desembre va ser més mogut a causa de les altes precipitacions. Es poden veure aquests resultats en el Gràfic 53 de cabals i en el Gràfic 54de precipitacions:



GRÀFIC 53: CABALS CASTELLÓ D'EMPÚRIES NOVEMBRE I DESEMBRE



GRÀFIC 54: PLUGES CASTELLÓ D'EMPÚRIES NOVEMBRE I DESEMBRE

El primer pic que hi ha és entre el dia 5 i el dia 7 de novembre de l'any 2011, que aconsegueix un cabal màxim de 187m<sup>3</sup>/s, amb unes pluges durant els dies 2, 3, 4, 5 i 6 de novembre de 34mm de precipitació màxima l'últim dia d'aquest període.

El següent pic és entre el 20 i el 25 de novembre del 2011, amb un cabal màxim de 364m<sup>3</sup>/s, durant aquests dies ja hi havien pluges però també s'aconsegueix un cabal tant elevat a causa

de la pluja acumulada, ja que portava des del 13 de novembre plovent, el dia més fort va ser el 21 de novembre on es va arribar a 30mm.

L'últim pic és a finals de novembre del 2014, si es compara el gràfic de cabals amb el de pluges es pot veure que el pic màxim de pluja és un dia abans que el del cabal, per tant el pic de l'any 2014 va ser originat per les pluges d'aquests dos dies, 29 i 30 de novembre.

A partir del mes de desembre els cabals van anar recuperant els seus valors habituals.

La Taula 21 mostra un resum de les mitjanes per mesos i per anys, la mitjana d'aquest punt de control en els 5 anys és de 3m3/s:

	Q 2011	Q 2012	Q 2013	Q 2014	Q 2015	Q mesos
Gener		3,11	0,62	0,63	1,37	1,43
Febrer		0,92	0,62	0,62	0,66	0,70
Març		0,77	12,42	0,60	10,88	6,17
Abril		0,68	4,10	1,69	3,33	2,45
Maig		0,65		0,59	1,59	0,94
Juny				0,58	1,45	1,02
Juliol			0,37	0,70	1,14	0,74
Agost			0,29	0,52	0,63	0,48
Setembre	1,34		0,64	3,28	0,46	1,43
Octubre	0,59	0,57		1,09	0,22	0,62
Novembre	51,27	2,90	1,73	15,71	0,28	14,38
Desembre	8,24	0,96	0,74	18,38	0,17	5,70
<b>TOTAL (m3/s)</b>	<b>15,36</b>	<b>1,32</b>	<b>2,39</b>	<b>3,70</b>	<b>1,85</b>	<b>3,00</b>

TAULA 21: VALORS DELS CABALS DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES DELS 5 ANYS

Els cabals més alts en l'estació d'aforament de Castelló d'Empúries són en els mesos de març i novembre, en canvi els mesos amb valors més baixos són febrer, agost i octubre. Els mesos després de març i abril es pot veure que presenten cabals elevats, per l'acumulació que hi ha, pel que fa els mesos de menys cabal és degut a les poques precipitacions i que són mesos després de l'estiu.

Durant els mesos d'estiu es pot veure que el cabal no és quasi bé superior a 1m3/s, ja que són els mesos amb temperatures més elevades i no hi ha altes precipitacions.

L'any en diferència que presenta un cabal més elevat és el 2011, després el 2013, i els anys amb cabals més baixos van ser el 2012 i el 2015. Tot i que aquestes mitjanes podrien variar ja que del 2011, 2012 i 2013 hi ha mesos que no hi ha dades enregistrades, per tant aquests valors modificarien la mitjana resultant.

Castelló d'Empúries presenta cabals més elevats que els altres punts de control ja que està ubicat a la desembocadura del riu Muga, i acull totes les aigües d'aquest mateix riu més tots els afluents, això fa que els cabals siguin més elevats que els dels altres punts de control.

A continuació es mostra la Taula 22 amb les mitjanes de les precipitacions, s'ha utilitzat el pluviòmetre de Castelló d'Empúries per realitzar els càlculs:

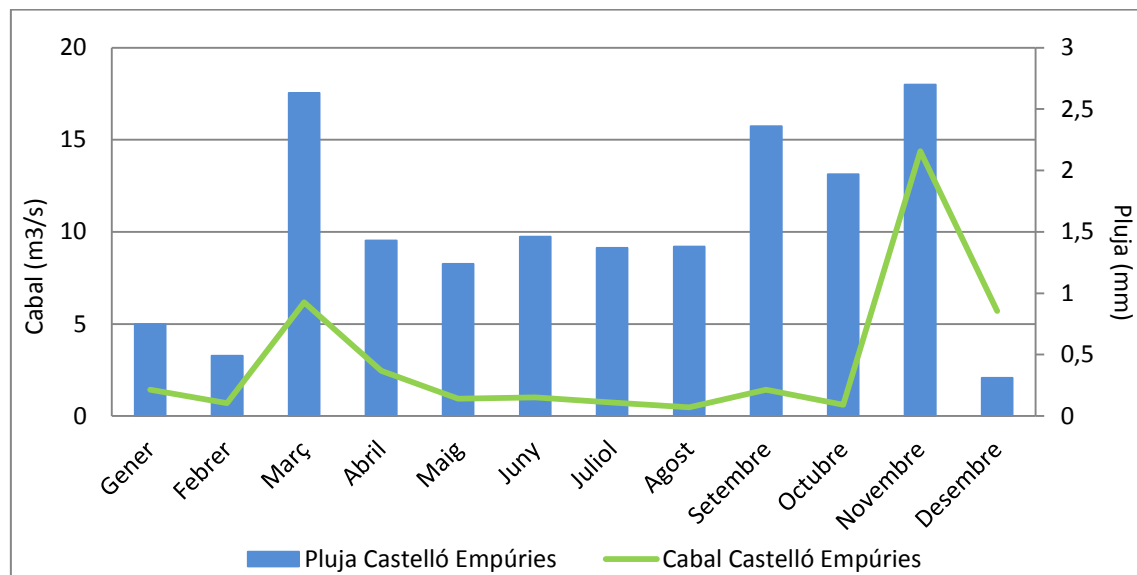
	P 2011	P 2012	P 2013	P 2014	P2015	P mesos
Gener	1,99	0,56	0,16	0,45	0,57	0,75
Febrer	0,48	0,06	0,90	0,54	0,45	0,49
Març	3,87	1,38	3,90	0,57	3,44	2,63
Abril	0,85	1,56	2,14	1,43	1,14	1,43
Maig	0,48	2,49	2,29	0,76	0,15	1,24
Juny	1,56	1,20	0,97	0,64	2,93	1,46
Juliol	2,11	0,77	0,79	1,83	1,34	1,37
Agost	0,50	0,78	1,25	2,97	1,41	1,38
Setembre	0,61	3,61	0,87	3,18	3,55	2,36
Octubre	3,45	4,21	0,55	0,57	1,08	1,97
Novembre	5,27	0,79	2,99	3,69	0,75	2,70
Desembre	0,04	0,04	0,19	1,27	0,02	0,31
<b>TOTAL (mm)</b>	<b>1,77</b>	<b>1,45</b>	<b>1,42</b>	<b>1,49</b>	<b>1,40</b>	<b>1,51</b>

TAULA 22: VALORS DE LES PLUGES DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES DURANT ELS CINC ANYS

Els mesos amb pluges més elevades van ser març, setembre i novembre, tot i que no són valors que es diferenciïn molt de la mitjana total. Els mesos amb pluges més baixes van ser gener, febrer i desembre.

La mitjana per anys també té valors molt similars, ja que tots es mouen entre 1,77 i 1,4mm. L'any amb pluges més elevades va ser el 2011 i l'any amb pluges més baixes el 2015.

Per poder comparar bé els valors entre cabal i precipitació, s'ha utilitzat el Gràfic 55:

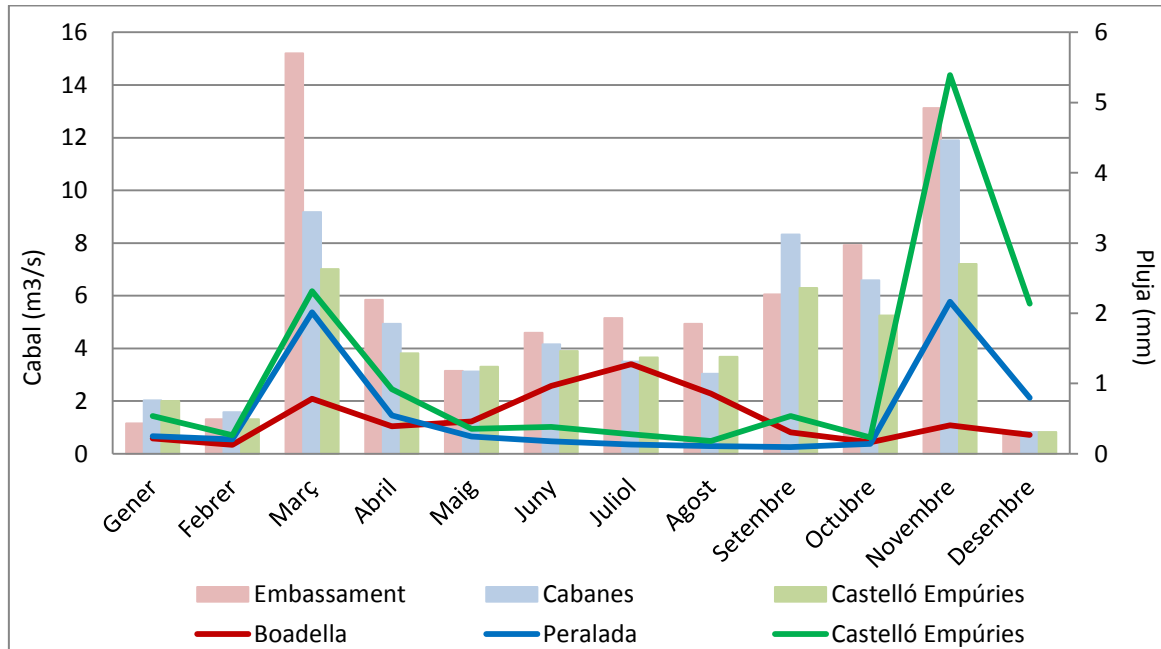


GRÀFIC 55: COMPARACIÓ PER MESOS DELS CABALS I LES PLUGES DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES DELS 5 ANYS

Els mesos que presenten pics més elevats de cabal coincideix amb els mesos que plou més, com es pot veure en el mes de març i novembre. Els altres mesos en que les precipitacions no són massa altes els cabals tenen valors entre 0 i 1m³/s. Si s'observa el mes de setembre mostra una gran precipitació, en canvi el valor del cabal no és massa elevat, això és degut al cabal que hi havia al mes d'agost. El pic de novembre és 8m³/s més elevat que el de març per l'acumulació de pluja que té dels mesos anteriors.

#### 6.4.4. RESULTATS OBTINGUTS EN LA ANÀLISI PER PUNTS DE CONTROL

El Gràfic 56 recull tota la informació per mesos dels tres punts de control estudiats, s'ha representat en línies els cabals ( $m^3/s$ ) i en columnes les pluges (mm). Els valors que s'han representat són els resultats de les mitjanes mensuals.



GRÀFIC 56: MITJANES MENSUALS DELS CABALS I LES PRECIPITACIONS DELS TRES PUNTS DE CONTROL

Hi ha una similitud entre les tres línies de cabals, i és que formen més o menys la mateixa forma durant tots els mesos menys el mes de juny, juliol i agost, per tant, es podria dir que tenen un comportament similar.

Com es pot observar els mesos amb més precipitacions són març i novembre, on també es reflecteix en el cabal, quan hi ha un augment de cabal significatiu és perquè hi ha hagut precipitacions. Els mesos amb precipitacions més baixes són desembre, gener i febrer, per això els cabals també són molt baixos, no arriben a  $2m^3/s$ .

Es pot observar que el cabal màxim és en el mes de novembre, la pluja acumulada dels mesos anteriors fa que el cabal augmenti. En canvi el mes de març no aconsegueix valors tant elevats ja que els mesos anteriors les pluges són poc significatives.

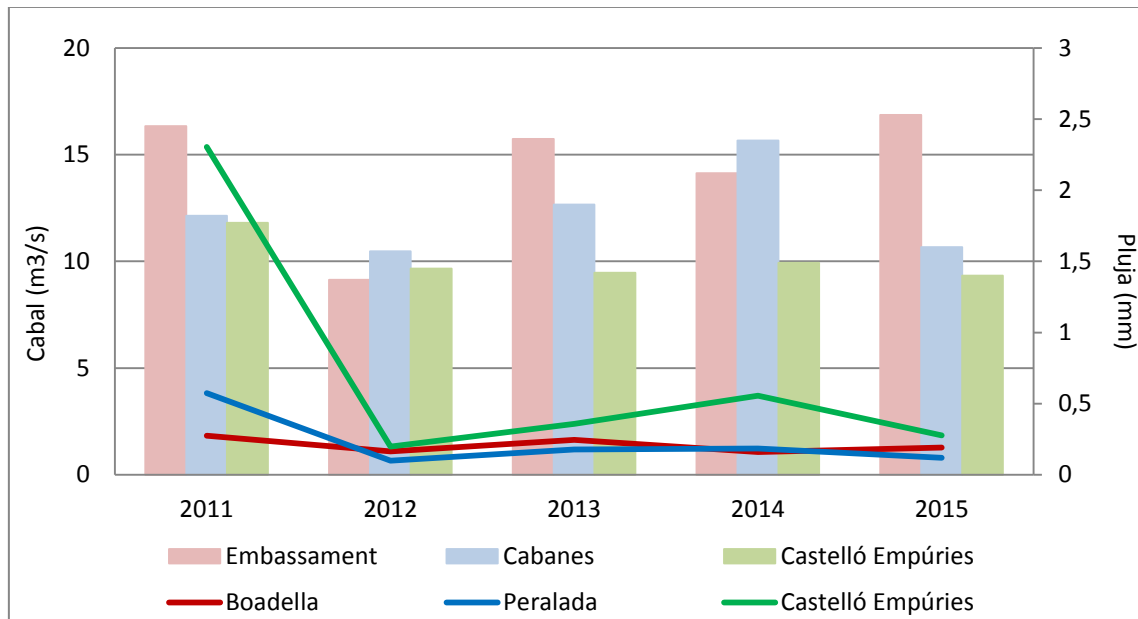
A part d'aquests dos pics en els mesos de precipitacions. A Boadella es pot veure que durant els mesos d'estiu aconsegueix valors d'entre 3 i  $4m^3/s$ , en canvi els altres dos punts de control no mostren variacions tot i que les pluges han tingut valors similars. Això és degut a que l'embassament de Boadella és un dels punts des d'on es distribueix l'aigua a la població de la conca, a part, el regadiu també necessita quantitats grans d'aigua, ja que per exemple els camps de blat de moro consumeixen molta aigua, per tant a Pont de Molins es distribueix entre el canal dret i l'esquerra. Tot això fa necessari que l'embassament deixi passar més quantitat d'aigua durant aquests mesos d'estiu que els altres mesos de l'any.

Si es comparen els valors resultants entre punts de control, el que es veu és que Castelló d'Empúries sempre té cabals més elevats que els altres punts de control, excepte el període

d'estiu. Això és per la ubicació d'aquestes estacions d'aforament. Castelló està ubicada a la desembocadura del riu Muga, per tant rep totes les aigües del mateix riu Muga i dels seus afluents, per això tindrà una acumulació d'aigua més elevada que el que té Boadella o Peralada. Això també es pot demostrar comparant les mitjanes de cada punt de control, a Boadella hi ha una mitjana de 1,38m<sup>3</sup>/s, a Peralada 1,53m<sup>3</sup>/s i a Castelló d'Empúries 3m<sup>3</sup>/s, com es pot veure el cabal va augmentant a mesura que el punt de control s'apropa a la desembocadura del riu.

Pel que fa el comportament i els valors dels cabals de les estacions d'aforament, cadascuna té un comportament diferent per la seva ubicació i el que passa aigües amunt. Boadella té el cabal regulat per l'embassament de Darnius-Boadella, per això sempre mostra valors molt regulats que oscil·len entre 0 i com a màxim 4m<sup>3</sup>/s. Peralada té un comportament molt similar a Castelló d'Empúries però amb valors inferiors, ja que està ubicada a un afluent de la Muga i no porta tanta aigua.

El Gràfic 57 representa els cabals (línies) i les precipitacions (columnes) dels tres punts de control i de les estacions meteorològiques per anys:



GRÀFIC 57: MITJANES ANUALS DELS CABALS I LES PRECIPITACIONS DELS TRES PUNTS DE CONTROL

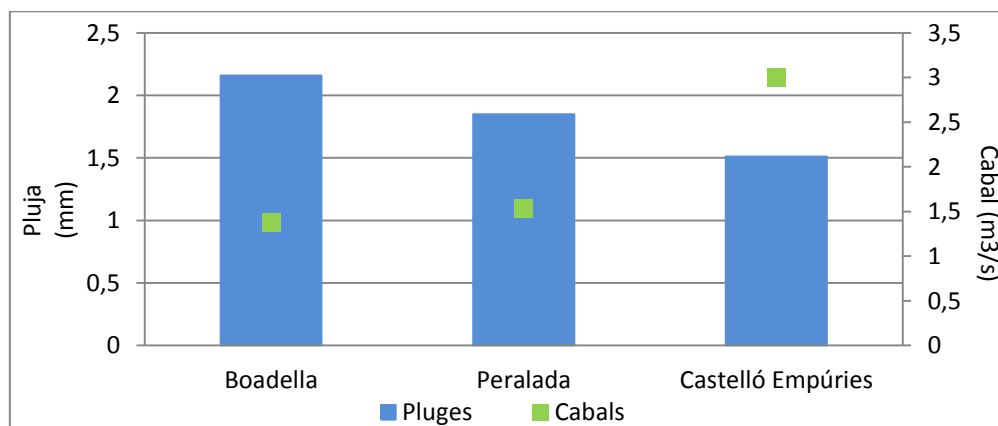
Els cabals més elevats de tots els punts de control van ser durant l'any 2011, com es pot veure a Castelló d'Empúries es va arribar a 15m<sup>3</sup>/s, i Boadella i Peralada entre 2 i 4 m<sup>3</sup>/s cabals molt similars.

L'any amb precipitació més elevada depèn de cada punt de control. A Boadella i a Castelló d'Empúries va ser l'any 2011, el mateix any que el cabal màxim. En canvi a Peralada va ser el 2014, no coincideix amb el cabal més elevat, però sí amb el segon més gran.

El cabal i les pluges més baixes van ser l'any 2012 en diferència amb els altres 4 anys. Els tres punts de control tenen valors de cabals i de precipitacions molt semblants, sent 1,1m<sup>3</sup>/s a Boadella, 0,66m<sup>3</sup>/s a Peralada i 1,32m<sup>3</sup>/s a Castelló d'Empúries, i les pluges al voltant de 1,5mm en les tres estacions meteorològiques.

Els altres anys si que hi havia diferència de precipitació entre les estacions, gaire bé sempre a Boadella plovia més que en les altres estacions, ja que és la que queda més a l'interior. Només és l'any 2014 que a Cabanes d'Empordà la pluja és superior a Boadella, però amb valors molt similars.

El Gràfic 58 representa les mitjanes dels punts de control de cabals i pluges:



GRÀFIC 58: PLUGES I CABALS PER PUNTS DE CONTROL

Si es comparen les mitjanes totals pluviomètriques de cada punt de control, es pot observar que la mitjana més alta és a l'embassament de Boadella amb 2,16mm, el següent a Peralada amb un valor de 1,85mm i l'últim a Castelló d'Empúries amb una precipitació de 1,51mm. Per tant segons la ubicació del punt de control plourà més o menys, com més al interior està més precipitacions hi ha, i com més a la desembocadura s'ubica menys precipitacions.

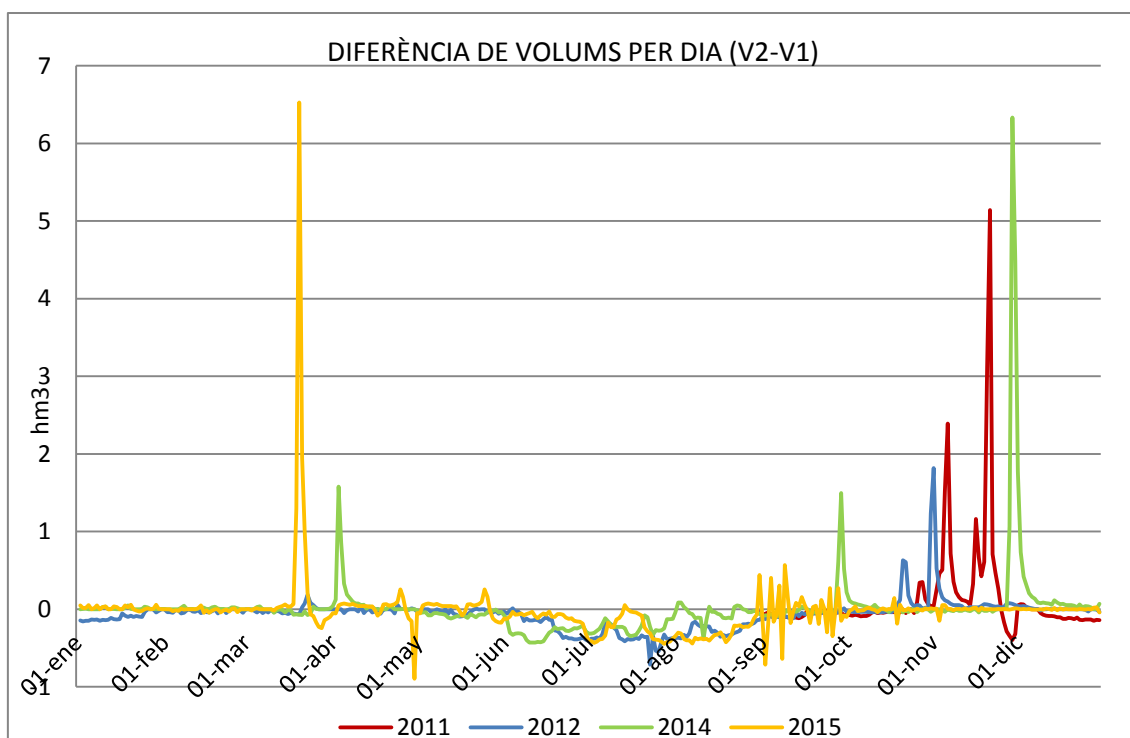
En canvi amb els cabals és el revés, com es pot observar el cabal amb un valor més alt és a Castelló d'Empúries, i el cabal més baix és a Boadella. Com més a la desembocadura està el punt de control més quantitat d'aigua portarà el riu, ja que s'acumula tot el que ve d'aigües amunt, tant del mateix riu com dels afluents. Però a Boadella com que el cabal està regulat per l'embassament els valors sempre seran més baixos. Peralada està ubicat a un afluent del riu Muga i dependrà molt de les precipitacions que hi hagi.

## 6.5. COMPARACIÓ DELS VOLUMS DE L'EMBASSAMENT I DE BOADELLA

En aquest apartat es fa una anàlisi del Embassament de Darnius-Boadella, i una comparació de volums entre l'Embassament i l'estació d'aforament de Boadella. Per veure com li afecta al punt de control de Boadella la regulació del cabal. S'han tractat tots els anys menys l'any 2013, ja que no hi ha dades de l'Embassament.

El Gràfic 59 representa la diferència de volums que hi ha entre un dia i el següent dia, per tant per poder obtenir els resultats el que s'ha fet és fer la resta entre el volum del dia 2 menys el volum del dia 1 ( $V_2 - V_1$ ), així es pot saber si el volum ha augmentat, quan el resultat sigui positiu, o si el volum ha disminuït, quan el resultat sigui negatiu. S'han sobreposat els valors dels 5 anys per poder fer una comparació entre anys. A continuació es mostren els resultats:

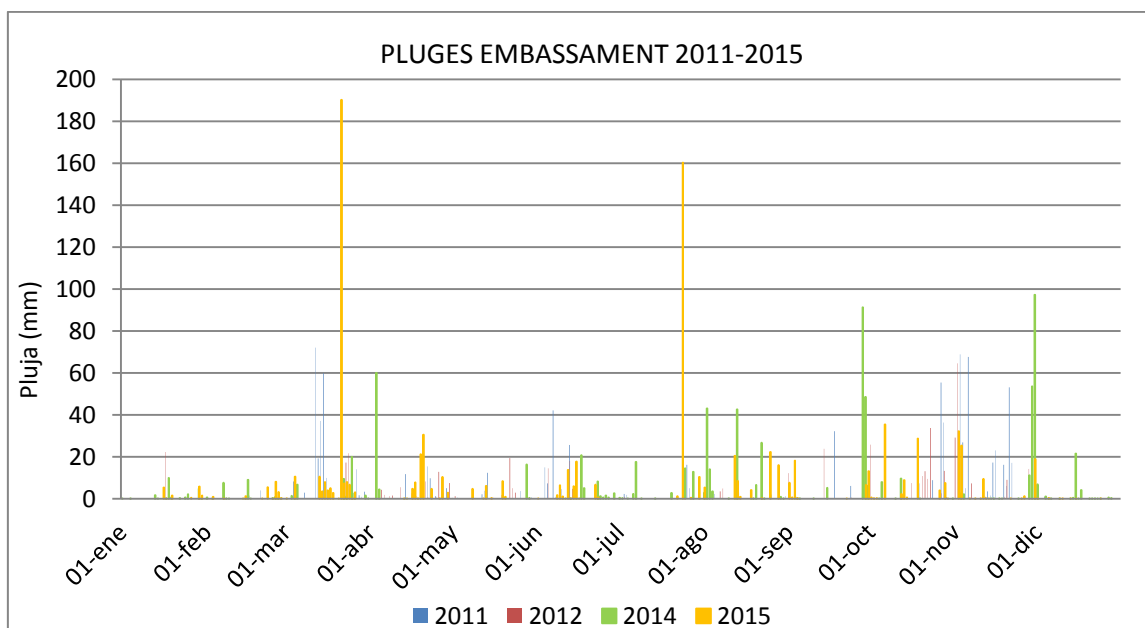




GRÀFIC 59: DIFERÈNCIA DE VOLUMS PER DIA DEL EMBASSAMENT DE DARNIUS-BOADELLA

Com es pot veure els mesos amb més diferència de volums, aconseguint valors positius són els mesos de març, abril, setembre, octubre, novembre i desembre, justament els mesos que hi ha més precipitacions a la conca de la Muga. En canvi els que presenten valors negatius són sobretot juny, juliol i agost, els mesos d'estiu, ja que són els mesos que es necessita més aigua pels habitants de la conca i pels regadius.

Per poder comparar aquests valors i veure si tenen coherència, s'ha fet un gràfic amb totes les pluges de l'Embassament de Darnius des de l'any 2011 fins al 2015, a continuació es mostra aquest Gràfic 60:

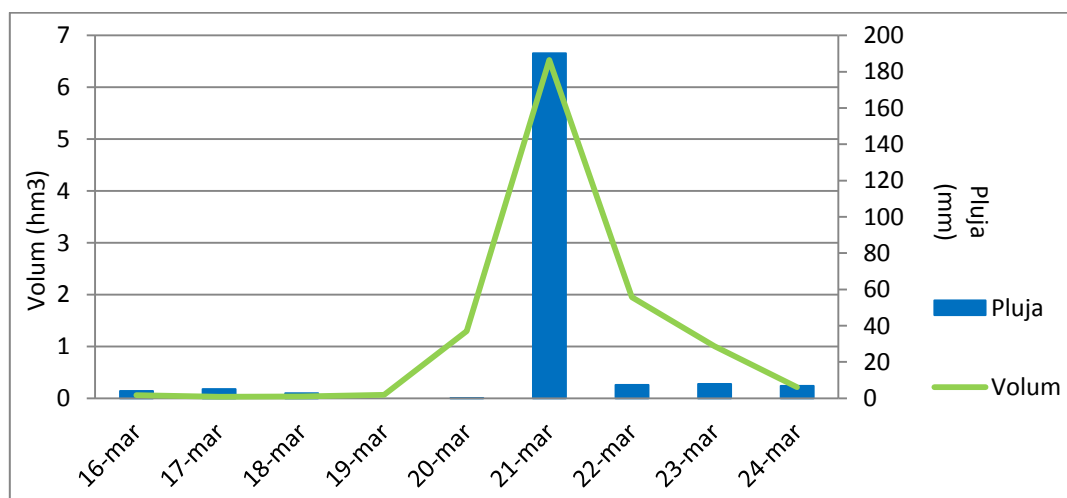


GRÀFIC 60: PRECIPITACIONS 2011-2015 EMBASSAMENT DARNIUS-BOADELLA

Si es comparen els dos gràfics es pot apreciar que quan plou més és quan els volums es distancien més del eix de les x en sentit positiu, en canvi quan no hi ha quasi bé pluges es quan els volums es distancien del eix de les x en sentit negatiu.

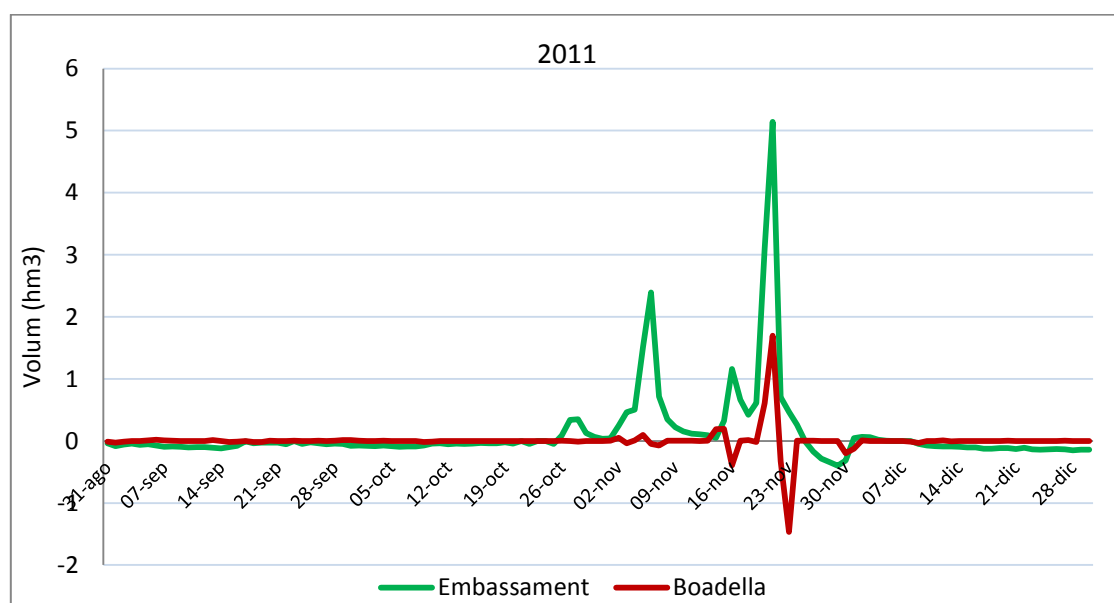
Per tant es pot demostrar que quan plou el volum de l'Embassament augmenta, en canvi quan hi ha períodes que no plou el volum del Embassament va disminuint. El període que es veu molt clar són els mesos de juny, juliol i agost. Durant aquests mesos no hi ha grans precipitacions i el volum de l'embassament sempre dona valors negatius, per tant el que està passant és que l'aigua es va evaporant i el volum no es recupera ja que quasi bé no hi ha precipitacions.

També es pot observar que els pics de pluges amb grans precipitacions coincideixen amb els pics dels volums. Per exemple si es mira el que plou a finals de març el que es pot veure és el Gràfic 61, com es pot veure el dia del pic del volum amb el de la pluja coincideixen:



GRÀFIC 61: CABALS I PLUGES MARÇ

Els següents gràfics comparen la diferència de volums de l'Embassament de Darnius-Boadella amb la diferència de volums del punt de control de Boadella:



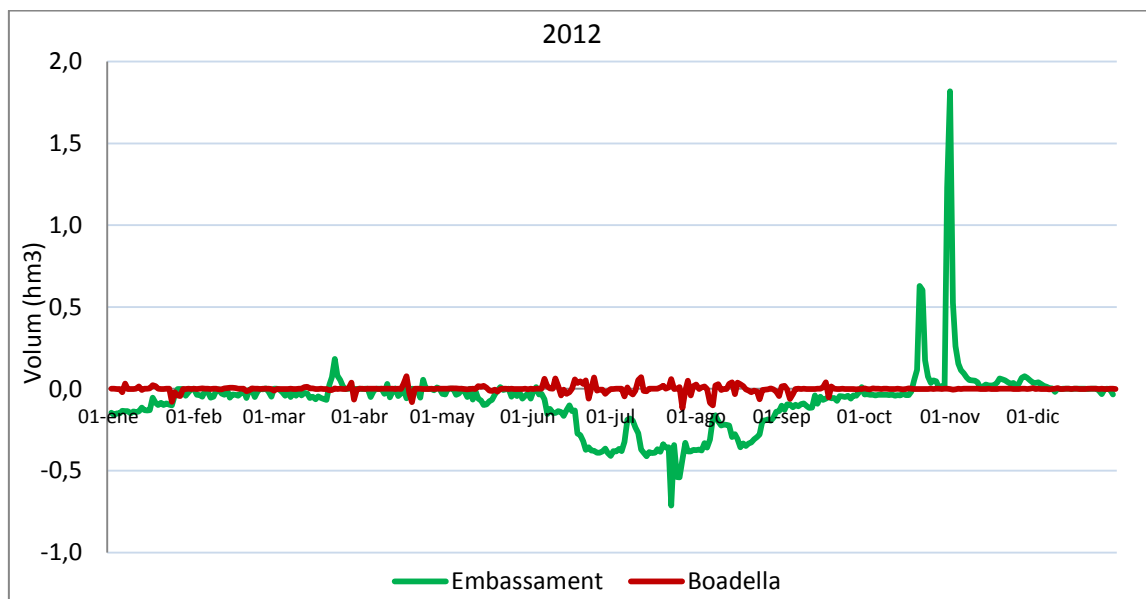
GRÀFIC 62: DIFERÈNCIA DE VOLUMS DE L'EMBASSAMENT I DEL PUNT DE CONTROL DE BOADELLA L'ANY 2011

El Gràfic 62 representa el període del 31 d'agost fins el 31 de desembre de 2011, només s'han representat aquestes dades, ja que no hi ha més dades de l'embassament de l'any 2011.

El punt de control de Boadella quasi bé sempre dona valors igual a 0, això vol dir que normalment sempre hi ha el mateix volum d'aigua. Quan té valors positius significa que el volum s'ha augmentat, per tant pot ser que hagi plogut o que l'embassament hagi deixat circular més aigua del habitual, o perquè hi ha hagut pluges i el volum de l'embassament ha pujat massa o perquè el cabal de Boadella ha disminuït.

En canvi pel que fa l'embassament hi ha moments que el volum és negatiu, això pot ser perquè es va evaporant l'aigua ja que no hi ha precipitacions o perquè l'embassament deixa anar aigua. També hi ha diversos pics on el valor del volum és positiu, això és perquè en aquell període hi ha hagut precipitacions.

Es pot observar que quan el volum de l'embassament dona valors negatius, el volum de Boadella dona valors positius o aproximats al 0, això és degut a que es deixa passar aigua del embassament. En canvi quan el volum de l'embassament forma pics, per exemple en el mes de novembre, és perquè hi ha hagut precipitacions. En aquest cas Boadella també ha format pics positius, ja que ha augmentat el seu volum, però també pics negatius, això pot ser que l'embassament no hagi deixat passar aigua, però el cap de poc el cabal de Boadella torna a estar en el seu estat habitual, ja que el volum torna a ser 0.



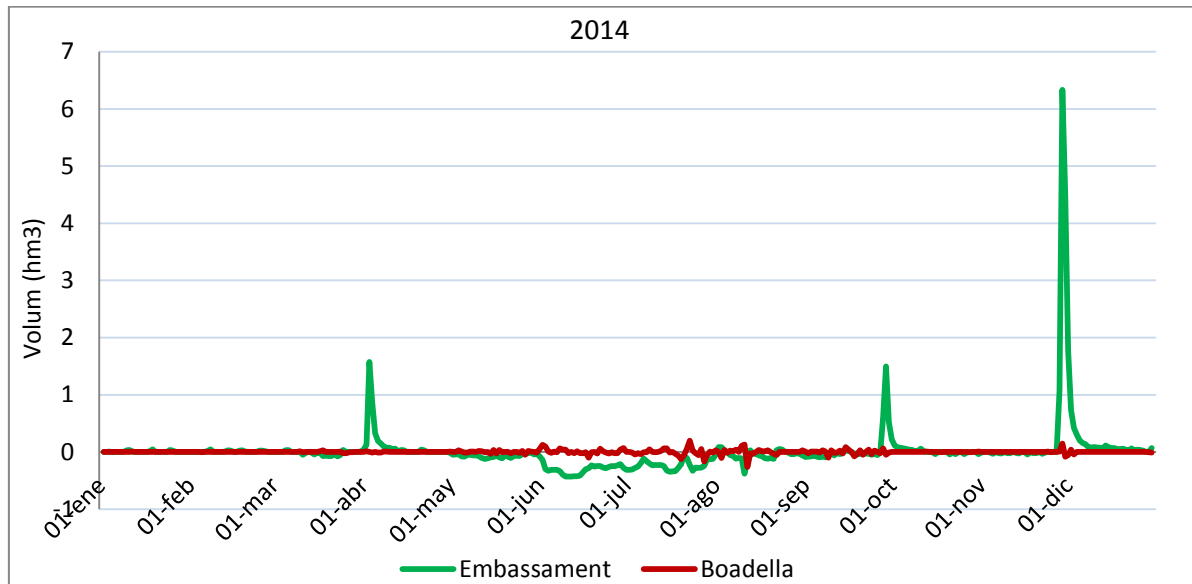
GRÀFIC 63: DIFERÈNCIA DE VOLUMS DE L'EMBASSAMENT I DEL PUNT DE CONTROL DE BOADELLA L'ANY 2012

En el Gràfic 63 de l'any 2012 es pot veure molt clar quins són els mesos d'estiu, ja que el volum de l'embassament té valors negatius durant els mesos de juny, juliol, agost i setembre. Com es pot veure en el mes de juny és quan comença a haver-hi volums negatius, i el mes de setembre es quan comença a recuperar el volum habitual ja que comença a haver-hi més precipitacions. Els mesos que el volum és negatiu, és degut a que la conca és molt turística i es necessita més aigua del habitual, a banda de que no hi ha tantes precipitacions com altres mesos.

Els mesos que presenten més precipitacions són el de març, octubre i novembre, tal i com representen els pics de l'embassament.

En aquest any el volum de Boadella és molt pròxim el valor 0, tot i que hi ha oscil·lacions amb valors positius i negatius. Els mesos que hi ha més canvis són els d'estiu, ja que es necessita més volum d'aigua per abastir a la població.

De l'any 2013 no hi ha gràfica ja que no hi ha dades de l'embassament. A continuació es mostra el Gràfic 64 de l'any 2014:

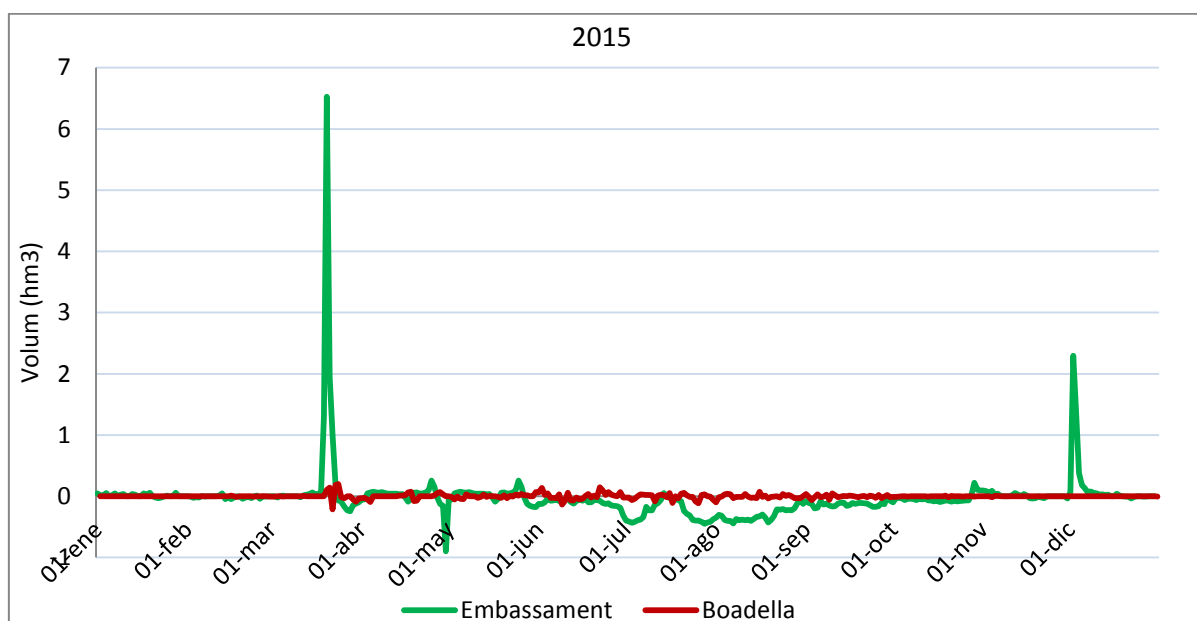


GRÀFIC 64: DIFERÈNCIA DE VOLUMS DE L'EMBASSAMENT I DEL PUNT DE CONTROL DE BOADELLA L'ANY 2014

Com es pot veure en aquest mes van ploure els mesos d'abril, octubre i desembre, es representa amb pics bastant pronunciats a l'embassament de Darnius-Boadella.

A Boadella el volum està quasi bé sempre constant a 0, menys els mesos de juny, juliol i agost que té més oscil·lacions, ja que són els mesos que es gasta més aigua, per això l'embassament té valors de volums negatius, ja que deixa passar més quantitat d'aigua.

L'any 2015 hi ha més oscil·lacions, tal i com es pot veure en el Gràfic 65:



GRÀFIC 65: DIFERÈNCIA DE VOLUMS DE L'EMBASSAMENT I DEL PUNT DE CONTROL DE BOADELLA L'ANY 2015

En aquest any els mesos que van haver-hi més precipitacions van ser març i desembre, entre aquests dos pics la línia del volum de l'embassament té molts puja i baixa aconseguint valors positius i negatius. On es pot veure un període més llarg de valors negatius són els mesos d'estiu.

Boadella té un comportament molt similar com els altres mesos, durant l'època d'estiu presenta més oscil·lacions, i els dies de pluja també té augments i disminucions de volum.

En conclusió es podria dir que tots els anys els dos volums tenen un comportament molt semblant. Per exemple els mesos de pluja, que és quan el volum de l'embassament augmenta, són els mesos de març, abril, octubre, novembre i desembre, quan hi ha precipitacions el volum de Boadella també té un comportament d'augment i disminució. Els mesos destacats també són juny, juliol i agost, ja que Boadella té un augment de volum i l'embassament té una disminució, ja que són els mesos en que hi ha més gent a la conca i es necessita més aigua per abastar, per tant l'embassament deixarà circular més aigua del habitual, i això farà que la línia de l'embassament aconsegueixi valors negatius.

## 6.6. CORBES NIVELL-CABAL

En aquest capítol el que s'ha fet és dibuixar les corbes de nivell-cabal (h-Q) per saber com actua cada punt de control en un determinat nivell.

S'han definit les corbes de cada punt de control a partir de totes les dades que es tenen validades entre el 2011 i 2015 de nivell (m) i de cabal (m). Així es poden estimar els valors dels cabals a partir del nivell utilitzant l'equació de la corba que té cada cas.

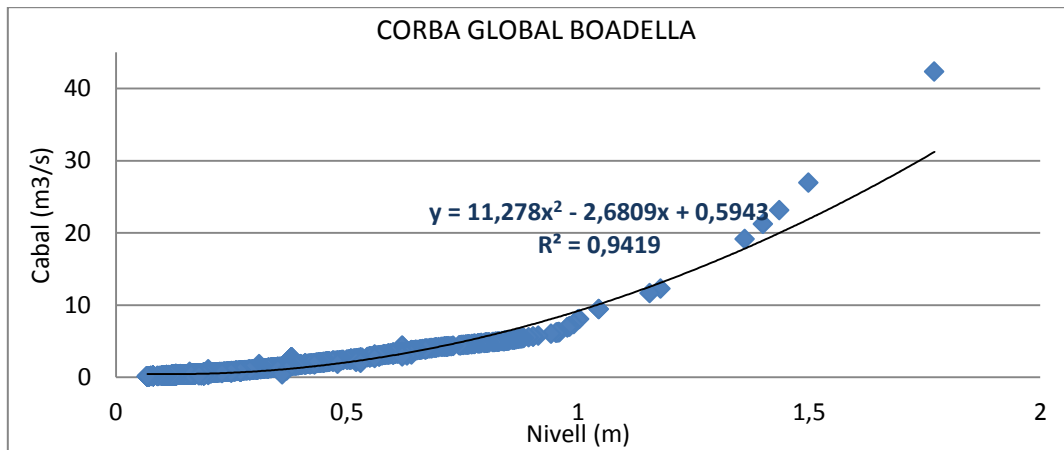
Per fer les corbes dels punts de control el que s'ha fet és ordenar de més gran a més petit els cabals i després crear línies de tendència. Cada línia de tendència té escrita la seva equació i el coeficient de determinació ( $R^2$ ). El coeficient de determinació és el número, entre 0 i 1, que et defineix si està ben ajustada la corba o no, com més aprop estigui el resultat del 1 més ben ajustada estarà la línia de tendència.

Aquestes corbes s'han fet a partir de totes les dades que es tenen dels punts de control, però per poder crearles s'ha de fer amb les dades dels aforaments manuals, ja que són les dades que seran més fiables de totes, perquè les automàtiques són les que es reben a l'oficina i no se sap si el sensor funciona bé.

Les següents corbes s'han fet amb tots els valors que es tenen per poder comprobar si les dades validades tenen una relació nivell-cabal correcta, i si s'ha aplicat bé la corba i els resultats són coherents.

A continuació es representaran les corbes de cada punt de control. El que s'ha fet és representar aquesta corba de dues maneres diferents, el primer fent la línia de tendència de tota la corba, i el segon trencant la corba en trossos i fer una línia de tendència per cada tros. Aquest segon cas es fa ja que en els valors baixos hi ha moltes dades i si es fa una línia de tendència per trossos es pot ajustar molt millor. D'aquesta manera es podrà comparar quins resultats són més fiables i quina corba s'utilitzarà per les següents validacions.

La primera corba és de Boadella, tal i com es pot veure en el Gràfic 66:

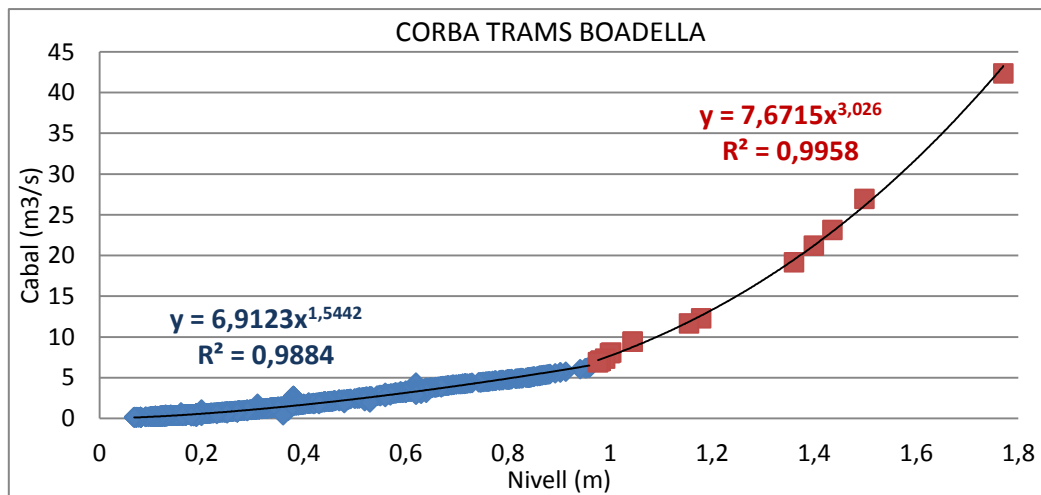


GRÀFIC 66: CORBA GLOBAL BOADELLA

A partir de les dades s'ha creat una línia de tendència polinòmica, amb un coeficient de determinació de 0,9419, com és molt pròxim al 1 es pot dir que està ben ajustada.

Com es pot veure en el gràfic, en els nivells alts la línia de tendència no segueix els punts i queda per sota d'ells, això és degut al pes que tenen els valors més baixos.

La segona corba de Boadella és feta per trams tal i com es pot veure en el Gràfic 67:



GRÀFIC 67: CORBA BOADELLA PER TRAMS

La corba total s'ha dividit en dos trossos per fer un bon ajust. El primer tram va dels nivells de 0,068m a 0,96m, i s'ha creat una línia de tendència potencial. El segon tram va de 0,96m a 1,771m que és el nivell màxim del qual hi ha de dades i també s'ha ajustat una línia potencial.

Com es pot veure al primer tram hi ha moltes més dades que en el segon, exactament en el primer hi ha 1809 dades i en el segon tram 18 dades, això es degut a que a Boadella els nivells acostumen a ser entre 0 i 1m, i quan es passen d'aquests nivells és per les precipitacions. Ja que aquest punt de control aigües amunt està regulat per l'embassament de Darnius-Boadella.

També es pot observar que el pendent que forma la línia potencial del tram 1 és més suau que el del tram 2. Per exemple el segon tram té un increment de nivell de 80cm i amb un

increment de cabal de 35m<sup>3</sup>/s, en canvi el tram 1 té un increment de nivell de 1m amb un increment de cabal de 7m<sup>3</sup>/s.

Si s'observen els resultats del coeficient de determinació de les dues línies de tendència, els valors són quasi bé 1, això vol dir que la línia de tendència està quasi bé 100% ben ajustada respecte els punts.

Per poder comparar aquestes dues gràfiques el que s'ha fet és calcular els cabals a partir de les equacions de les línies de tendència i d'uns determinats nivells, els resultats es poden veure a la Taula 23:

TRAMS	%DADES	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q global (m <sup>3</sup> /s)	% Q global	Q tram (m <sup>3</sup> /s)	% Q tram
1	99%	0,10	0,22	0,44	96,72	0,20	11,52
		0,25	0,83	0,63	24,14	0,81	1,98
		0,50	2,43	2,07	14,66	2,37	2,45
		0,75	4,46	4,93	10,56	4,43	0,54
2	1%	1,00	8,01	9,19	14,75	7,62	4,92
		1,50	26,93	21,95	18,50	26,21	2,67

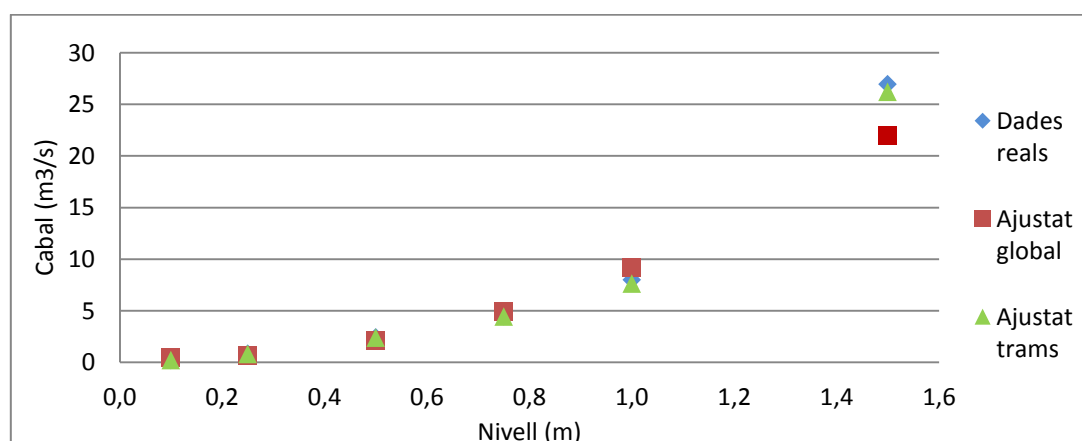
TAULA 23: COMPARACIÓ DE LES DUES CORBES DE BOADELLA

El que s'ha fet és elegir diversos nivells (columna h) i relacionar-lo amb el cabal que té (columna Q). A continuació s'ha calculat el cabal amb l'equació del Gràfic 66(columna Qglobal) i s'ha calculat el tant per cent de diferència que hi ha entre el valor real i el valor fictisi. S'ha fet el mateix procediment però utilitzant les equacions del Gràfic 67, per tant cada nivell s'ha calculat amb l'equació que li pertoca.

Si es comparen els resultats del tant per cent, es pot veure que dona més diferència els cabals calculats a partir de la línia de tendència global que els calculats per tram. Per tant es podria dir que hi ha més error si es calcula a partir de la línia de tendència global, ja que s'ajusta menys als valors reals.

També es pot observar que on hi ha més error, per tant el % és més elevat, és en els extrems, per exemple en el 0,1m i en el 1,5m, això és degut a que la línies de tendència tenien més pes, més dades, entre mig d'aquests dos valors que en els extrems.

En el Gràfic 68 es poden veure representats els valors dels cabals de la Taula 23:

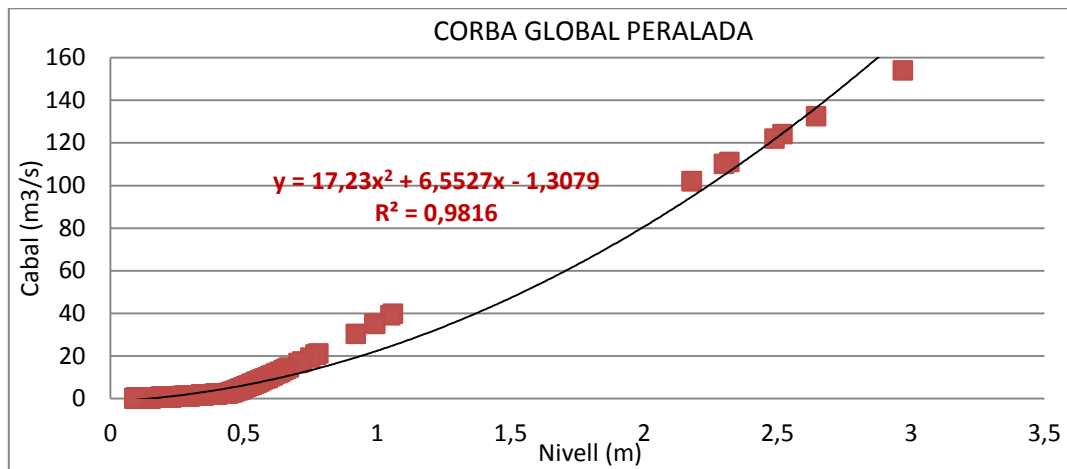


GRÀFIC 68: RESULTATS DE LA TAULA 23



Com es pot observar, la dada que sempre està més allunyada de la dada real és el que s'ha calculat amb la línia de tendència global.

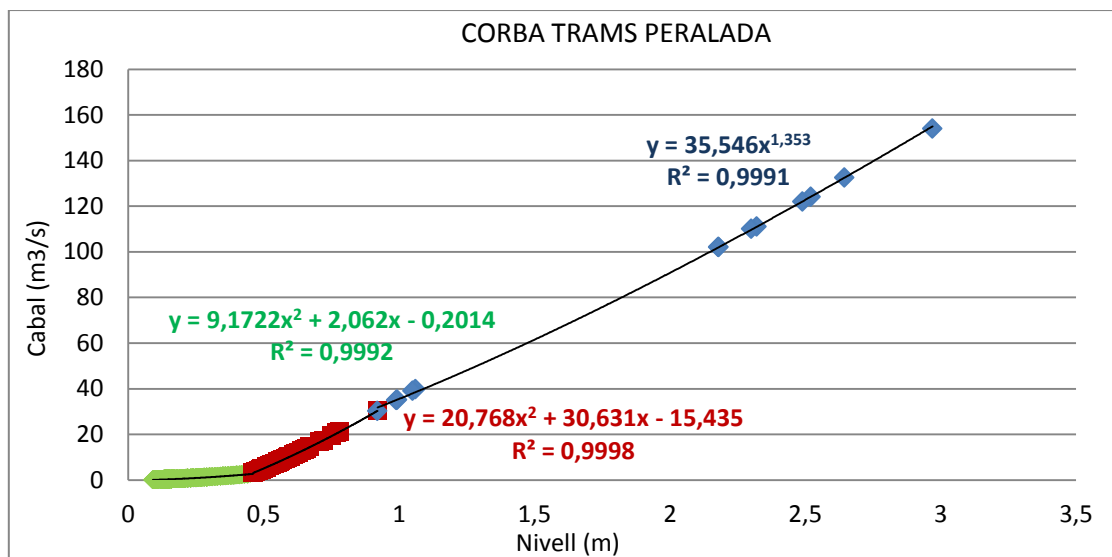
La corba del punt de control de Peralada és el Gràfic 69:



GRÀFIC 69: CORBA GENERAL PERALADA

En aquest cas la corba global de Peralada també s'ha ajustat amb una línia de tendència polinàmica, donant un coeficient de determinació molt aproximat al 1.

La segona corba de Peralada està formada per 3 trams, tal i com es pot veure en el Gràfic 70:



GRÀFIC 70: CORBA PER TRAMS DE PERALADA

Si es compara aquesta corba amb la de Boadella, es pot veure que el nivell arriba a valors més elevats, per tant cabals més alts. Ja que l'anterior punt de control l'embassament regula els cabals que acull Boadella, i en aquest cas els cabals són els que són segons el que passa aigües amunt i les precipitacions que hi ha.

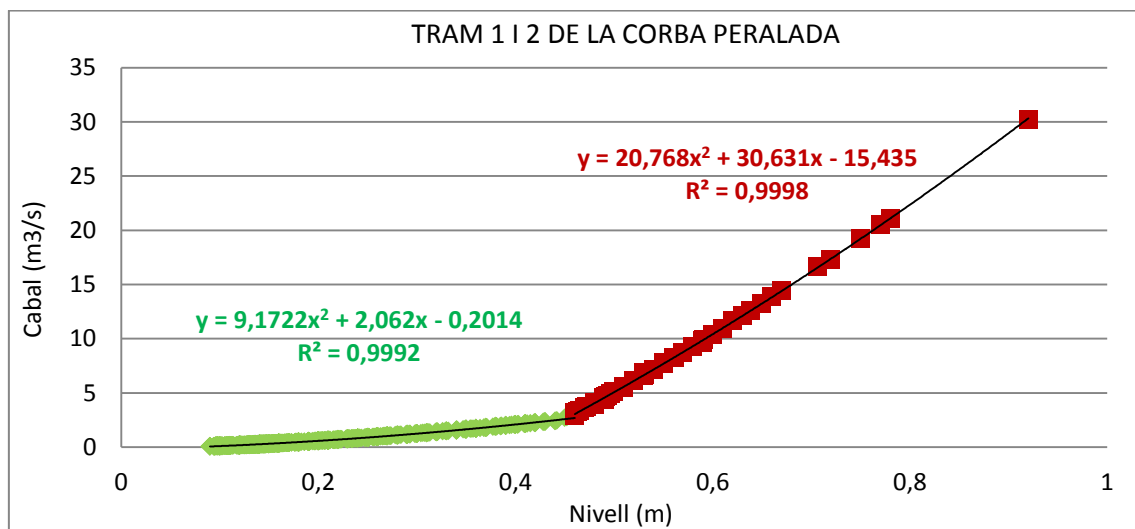
En aquest cas s'ha tallat la corba en tres trossos. El primer tros està comprès entre els nivells 0 i 1m³/s i s'ha realitzat una línia de tendència polinàmica, aquest tram té un total de 1428 dades. El segon tros està comprès entre els nivells 0,5 i 1m, en aquest tram s'ha creat una línia de tendència polinàmica i el pendent ja es pronuncia més, té un total de 83 dades. Per últim, el tercer tros engloba els nivells entre 1 i 3m, que és el nivell màxim que es té d'aquests 5 anys,

s'ha creat una línia de tendència potencial que té un pendent molt igual que el segon tros, aquest últim tram té un total de 12 dades.

Com es pot observar el resultat dels tres coeficients de determinació són molt pròxims al número 1, per tant es pot dir que s'ha fet un bon ajust creant les línies de tendència i decidint el tipus de línia.

El tram on hi ha més dades és el primer, per tant els valors habituals de Peralada són nivells d'entre 0 i 0,5m, per tant cabals d'entre 0 i 4m<sup>3</sup>/s. A partir del primer tram la comença a tenir un pendent més pronunciat, és quan aquests valors ja no són tant habituals, per tant són deguts a precipitacions. Es pot notar una certa diferència entre pendents si es compara el primer tros amb el segon i el tercer, tenint un pendent molt poc pronunciat en el primer tram i un pendent més pronunciat en el segon i el tercer.

A continuació es mostra el Gràfic 71, s'han representat les dades del primer i del segon tram per poder-ho veure més detalladament:



GRÀFIC 71: ZOOM DE LA CORBA PER TRAMS DE PERALADA

En aquest zoom es pot veure millor com són les corbes dels dos primers trams. La primera es pot veure que té un pendent molt baix, quasi bé sent plana, en canvi la segona canvia radicalment i té un pendent molt pronunciat.

La Taula 24 mostra les diferències que hi ha entre els dos gràfics i les dades reals:

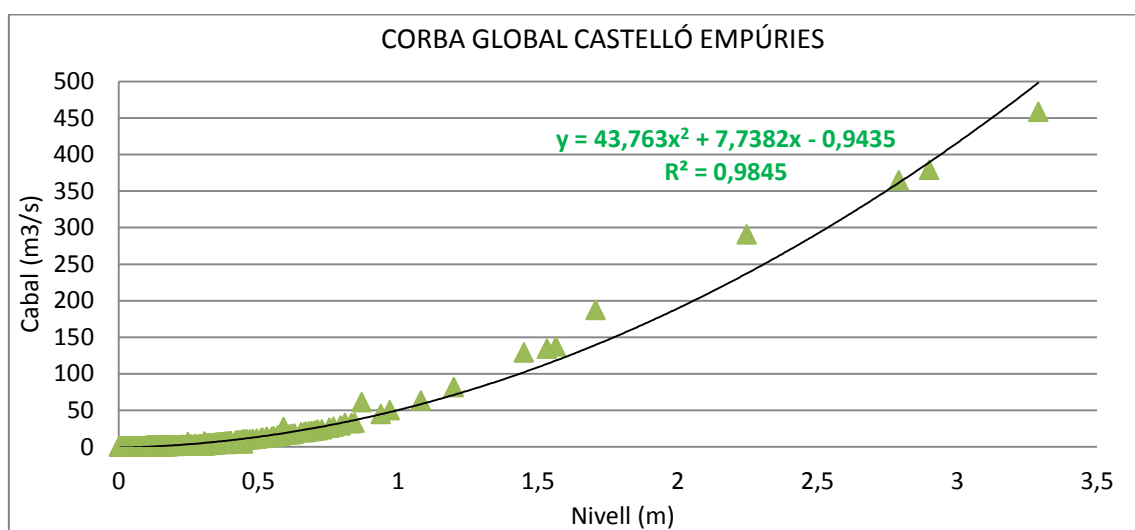
TRAM	%DADES	h (m)	Q (m³/s)	Q global (m³/s)	% Q global	Q tram (m³/s)	% Q tram
1	93,7%	0,1	0,1	-0,5	503,6	0,1	18,9
		0,3	0,9	1,4	54,1	0,9	2,8
2	5,50%	0,5	5,1	6,3	23,3	5,1	0,3
		0,8	19,2	13,3	30,8	19,2	0,1
3	0,9%	1,0	35,1	22,5	36,0	35,5	1,2
		2,2	102,0	96,5	5,4	103,3	1,3
		2,5	122,0	122,8	0,6	122,8	0,7
		3,0	154,0	173,4	12,6	157,2	2,1

TAULA 24: COMPARACIÓ DE LES DUES CORBES DE PERALADA

En aquest cas els cabals calculats amb les línies de tendència per trams també donen més bons resultats que els calculats per la línia tendència global. També hi ha el mateix problema que el cas de Boadella, dóna més error els nivells dels extrems que entre mig, això és degut a que hi ha més dades entre aquests dos valors, que en els extrems. Es pot demostrar observant els % dels extrems amb els d'entre mig, el % dels extrems són més elevats que els dels interiors.

Es pot observar que el primer cabal calculat a partir de la línia de tendència global dóna negatiu, això és degut al mateix problema dels extrems, com que no hi ha gaires dades en aquest extrem el que passa és que la línia de tendència no contempla massa aquests valors, llavors el seu resultat no serà cert.

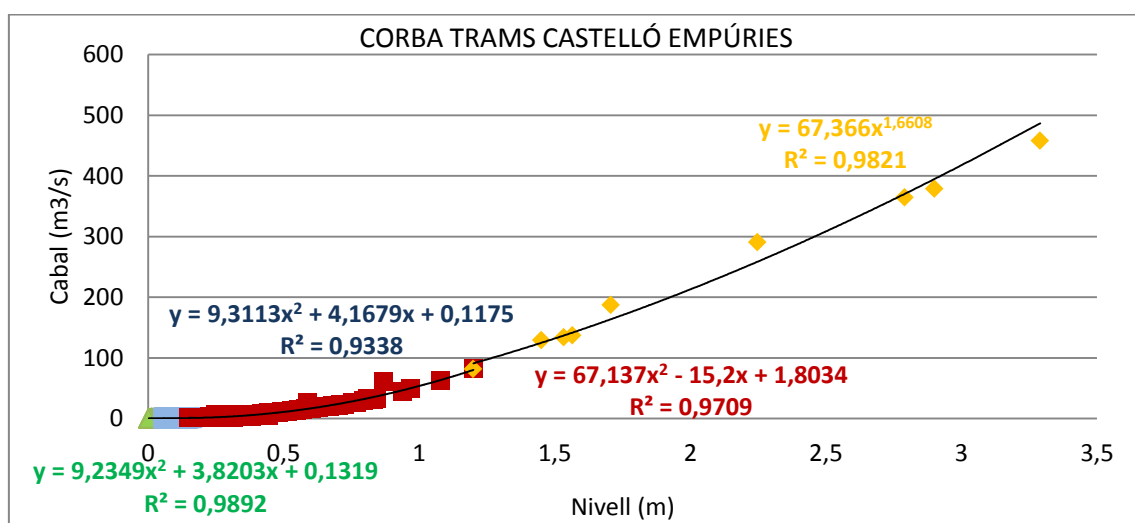
L'última corba correspon al punt de control de Castelló d'Empúries, el Gràfic 72 mostra els resultats de la corba general:



GRÀFIC 72: CORBA GLOBAL DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES

Aquesta corba s'ha ajustat a partir d'una línia de tendència polinòmica, amb un coeficient de determinació de 0,9845.

El Gràfic 73 mostra la mateixa corba però feta per trams, per tant cada tram té la seva línia de tendència:

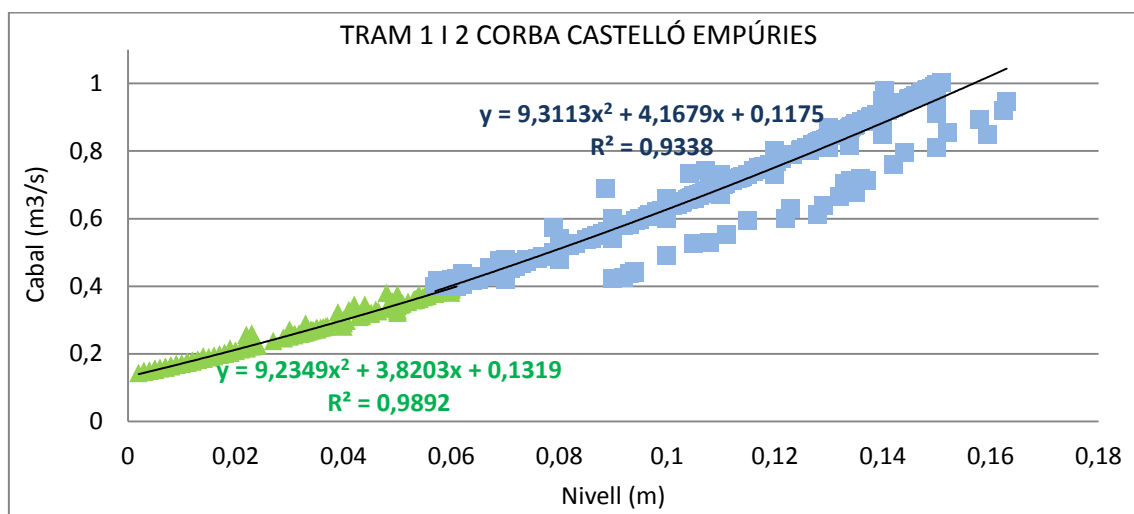


GRÀFIC 73: CORBA PER TRAMS DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES

En aquest cas la corba s'ha dividit en quatre trossos, ja que els valors baixos tenien molt pes i llavors la línia de tendència no s'ajustava prou bé.

El primer tram va dels nivells 0 fins a 0,06m, s'ha ajustat una línia de tendència polinòmica i acull un total de 193 dades. El següent tram es mou entre 0,06 i 0,15m, s'ha fet una línia de tendència polinòmica amb un total de 675 dades. El tercer tram amb un total de 358 dades, acull els nivells entre 0,15 i 1,2m creant una línia de tendència polinòmica. L'últim tros es mou entre nivells de 1,2 i 3,3m, valor màxim de nivell que es té en aquests 5 anys, s'ha ajustat una línia de tendència potencial i té un total de 8 dades.

Si es comparen els dos primers trams amb els dos últims el que es pot veure és que el pendent és més significatiu quan els nivells són més elevats. A continuació, el Gràfic 74 mostra amb més detall les dades dels dos primers trams:



GRÀFIC 74: ZOOM CORBA PER TRAMS DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES

En aquets dos trams hi ha més de la meitat del total de dades, per això s'ha de representar amb més d'una línia de tendència, per poder ajustar bé. Els dos coeficients de determinació com es pot veure donen quasi bé 1, per tant és un bon ajust.

El primer tram és una línia polinòmica i quasi bé totes les dades estan tocant la línia, però en el cas del segon tram com es pot veure hi ha unes dades que estan per sota de la línia de tendència. Aquestes dades són del mes d'agost de l'any 2015 i això pot ser que la corba h-Q que es va utilitzar l'any 2015 tingués una altra forma entre els nivells de 0,1 a 0,16m.

Entre aquests dos trams es pot veure que els valors més baixos mostren una pendent menys significativa que les dades altes.

La Taula 25 mostra les diferències entre les dos corbes de Castelló d'Empúries:

TRAM	%DADES	h (m)	Q (m3/s)	Q global (m3/s)	% Q global	Q tram (m3/s)	% tram
1	15,7	0,01	0,17	-0,86	0,60	0,17	0,60
		0,05	0,34	-0,45	1,77	0,35	1,77
2	54,7%	0,10	0,60	0,27	55,34	0,63	4,57
		0,15	0,95	1,20	26,78	0,95	0,44
3	28,9%	0,25	1,95	3,73	91,09	2,20	12,79
		0,50	11,12	13,87	24,70	10,99	1,19
		0,75	25,79	29,48	14,29	28,17	9,22
		1,0	62,97	58,46	7,16	63,70	1,15
4	0,7%	1,50	134,17	109,13	18,66	132,10	1,54
		2,20	290,49	227,89	21,55	249,54	14,10
		3,00	378,68	416,14	9,89	417,68	10,30
		3,3	458,04	498,21	8,77	486,86	6,29

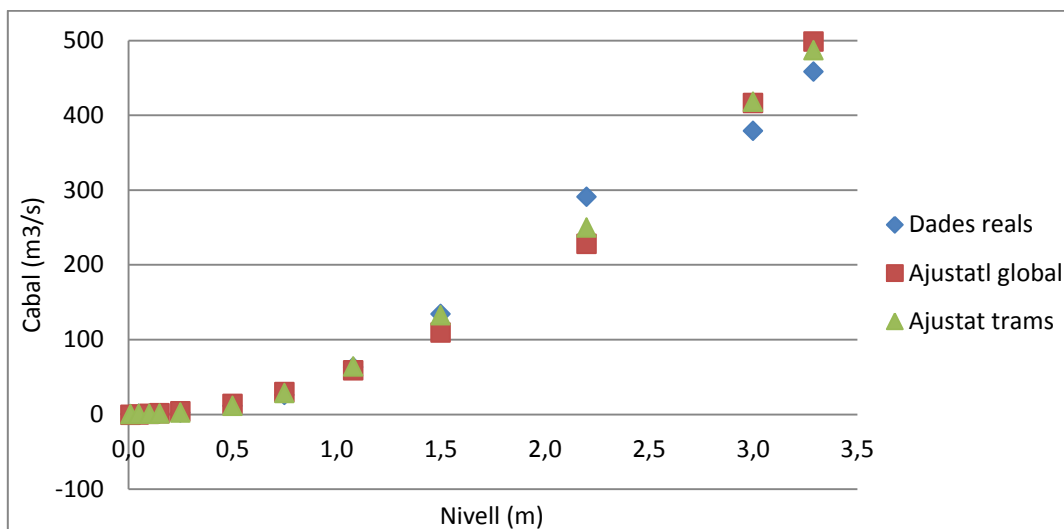
TAULA 25: COMPARACIÓ DE LES DUES CORBES DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES

En aquest punt de control com es pot veure s'arriba a nivells més elevats que les altres dos estacions d'aforament, ja que l'aigua que arriba és l'acumulada de tota la conca.

Com es pot comprovar la corba que s'ajusta més és la de per trams, ja que el tant per cent de diferència entre el cabal real i el cabal calculat és el més baix.

Els dos primers cabals calculats a partir de la línia de tendència global donen negatius ja que la línia de tendència no s'aproxima gaire bé en aquests valors perquè són minoritaris i hi ha més pes de dades entre els dos trams del mig. Per aquest motiu els nivells que estan en els trams dos i tres donen cabals més ajustats al real.

El Gràfic 75 representa els cabals calculats i el cabal real:



GRÀFIC 75: RESULTATS DE LA Taula 25

Es pot veure que els nivells entre 0 i 1m els cabals donen valors molt similars, però a partir d'aquest nivell els valors cada cop són més diferents, tot i que l'extrem torna a tenir valors molt iguals. Quan són nivells tan elevats és difícil aconseguir un cabal ben ajustat, ja que es tenen poques dades d'aquests moments perquè no són habituals.

En conclusió, si s'observen totes les comparacions que s'han fet dels tres punts de control es pot veure que el gràfic que s'ajusta sempre millor és el de per trams. És lògic, ja que cada corba actua diferent segons el nivell que hi hagi, per tant és millor dividir la corba en trams i calcular les seves línies de tendència que no pas englobar tot el punt de control amb una línia de tendència.

A part d'això es pot veure que entre els nivells 0 i 1m quasi bé estan totes les dades. Això fa que els extrems de la línia de tendència global no estiguin ben precisats, ja que hi ha més pes de dades entre mig, i llavors no s'ajusten bé els extrems. En canvi si s'utilitza la de per trams, es pot fer que hi hagi un tram abans d'aquesta gran quantitat de dades i un altre tram després, així es pot estudiar millor el comportament del cabal segons cada nivell.

Si es comparen els tres punts de control es pot veure que els valors de Boadella sempre són més baixos que la resta, i Castelló d'Empúries sempre representa els valors més elevats per la ubicació que està.

## 6.7. CÀLCULS DELS COEFICIENTS D'ESCOLAMENT

En aquest capítol es calcularan diversos coeficients d'escolament. El primer apartat es calcularà el coeficient d'escolament de la conca de la Muga a partir dels 5 anys que hi ha dades. I en el segon apartat es calcularan els coeficients d'escolament de dues avingudes significatives d'aquests 5 anys analitzats.

El coeficient d'escolament és la relació entre la làmina d'aigua precipitada sobre la superfície i la làmina d'aigua que s'escola superficialment (ambdues expressades en mm) el resultat d'aquest càlcul ha de donar un valor entre 0 i 1. Els factors que intervenen en l'escorrentia són:

- Factors agroclimàtics: quantitat, intensitat i duració de la pluja, distribució de la precipitació respecte el temps i l'àrea de la conca, condicions precedents de la humitat del sòl, intercepció causada per la coberta vegetal, variable segons l'espècie i densitat de la vegetació, època de l'any, valor de l'evapotranspiració que és variable segons la temperatura, pressió i humitat atmosfèrica, radiació solar, humitat del sòl, etc.
- Factors fisiogràfics: extensió, forma i pendent mitjana de la conca, condicions de la superfície del terreny (geologia, tipus de sòl, permeabilitat, cultiu, densitat de la reixa hidrològica i capacitat de l'evacuació, etc.)

Per calcular els coeficients d'escolament s'han utilitzat les dades de quatre estacions meteorològiques: embassament de Darnius-Boadella, Pont de Molins, Cabanes d'Empordà i Castelló d'Empúries. Per realitzar els càlculs es necessiten les àrees que corresponen aquests 4 punts, per això s'ha de dividir la conca.

Per trobar aquestes àrees s'ha utilitzat el mètode dels polígons de Thiessen i l'AutoCAD. S'ha dibuixat el mapa de la conca de la Muga al AutoCAD i les estacions meteorològiques de les quals es tenen dades, a continuació s'han unit els punts de les estacions meteorològiques formant triangles per poder fer el mètode dels polígons de Thiessen. Aquests passos es poden observar a la Figura 57:

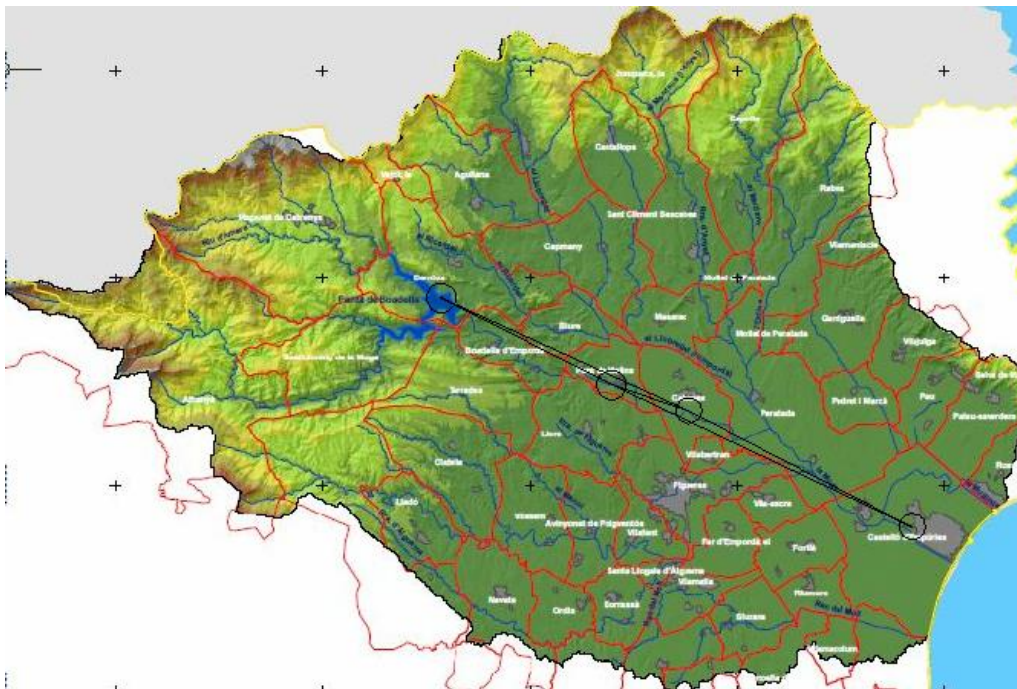


FIGURA 57: MAPA CONCA DE LA MUGA AMB LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES

A continuació s'ha buscat la mediatriu dels segments i a partir de les unions d'aquestes mediatris s'ha trobat la limitació de les àrees de cada estació meteorològica. Les àrees obtingudes són les que es mostren a la Figura 58:

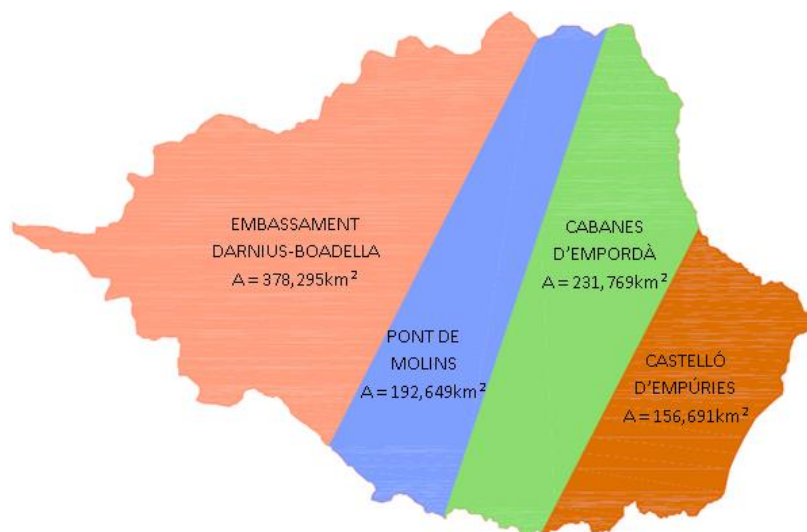


FIGURA 58: LIMITACIÓ DE LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES AMB LES SEVES ÀREES

Per tant aquestes àrees corresponen a cada estació meteorològica. Els resultats de les àrees estan escrits a la Taula 26:

	Àrea (km2)	Àrea (m2)
Embassament	378,295	378295000
Pont de Molins	192,649	192649000
Cabanes d'Empordà	231,769	231769000
Castelló d'Empúries	156,691	156691000
TOTAL ( $\sum A_i$ )	959,404	959404000

TAULA 26: ÀREES DE LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES



Amb aquests càlculs previs ja es pot calcular el coeficient d'escolament dels següents casos.

#### 6.7.1. COEFICIENT D'ESCOLAMENT DE LA CONCA DE LA MUGA

En aquest apartat el que es vol analitzar és la precipitació anual ponderada per la conca i el coeficient d'escolament de la conca. Aquests càlculs es faran amb les dades que es tenen des del 2011 fins el 2015.

Amb les àrees de les estacions meteorològiques obtingudes, ja es poden començar els càlculs. El primer que es calcularà és la precipitació anual ponderada per tota la conca, a continuació la Fórmula 2 indica com es calcula:

$$P = \frac{\sum A_i * P_i}{\sum A_i}$$

FÓRMULA 2: PRECIPITACIÓ ANUAL PONDERADA

On:

- P: precipitació anual ponderada per tota la conca (mm)
- A<sub>i</sub>: àrea de cada estació meteorològica (km<sup>2</sup>)
- P<sub>i</sub>: precipitació anual de cada estació meteorològica (mm)

La Taula 27 mostra els resultats de la precipitació anual de cada estació meteorològica (P<sub>i</sub>any) i la mitjana dels 5 anys per cada estació (P<sub>i</sub>). La precipitació anual de cada estació meteorològica s'ha calculat fent el sumatori de totes les dades que es tenien per any i per estació.

	Pi 2015 (mm)	Pi2014 (mm)	Pi 2013 (mm)	Pi 2012 (mm)	Pi 2011 (mm)	Pi (mm)
Embassament	928,68	772,40	850,10	502,10	894,30	789,51
Pont Molins	523,70	585,10	310,10	21,20	749,90	438
Cabanes	582,50	852,40	695,70	575,10	668,20	674,78
Castelló	511,90	544,90	517,30	532,10	647,30	550,70

TAULA 27: PRECIPITACIÓ ANUAL DE CADA ESTACIÓ METEOROLÒGICA

A partir de la Fórmula 2, de les àrees de cada estació i del resultat de la precipitació anual de cada estació meteorològica, es calcula la precipitació anual ponderada per tota la conca:

$$P = \frac{(378,295 * 789,51 + 192,649 * 438 + 231,769 * 674,78 + 156,691 * 550,70)}{959,404} = 652,21\text{mm}$$

Per tant a la conca de la Muga hi ha una precipitació anual ponderada de 652,21mm, és un resultat coherent si es compara amb els valors que s'han comentat en el capítol 6.1.1. Clima de la Muga, ja que comenta que la Muga té unes precipitacions d'entre 550 i 1250mm depenen de la situació.

L'últim càlcul és el coeficient d'escolament (c). La Fórmula 3 mostra com es calcula:

$$c = \frac{V}{A_t * P}$$

FÓRMULA 3: COEFICIENT D'ESCOLAMENT

On:

- c: coeficient d'escolament
- V: volum d'aigua total per any de l'estació Castelló d'Empúries (mm<sup>3</sup>)
- A<sub>t</sub>: àrea total de la conca (mm<sup>2</sup>)

- P: precipitació anual ponderada per tota la conca

El volum d'aigua total per any s'ha calculat a partir dels cabals de Castelló d'Empúries, ja que es considera que és el lloc més crític perquè acumula l'aigua de tota la conca. Per calcular el volum s'ha suposat que durant tot el dia hi haurà el mateix volum d'aigua, i el que s'ha fet és multiplicar el cabal diari per 60 segons que té un minut, 60 minuts que té una hora i 24 hores que té un dia, així s'ha passat de cabal a volum totes les dades dels cabals. A continuació s'ha calculat la mitjana per any, la Taula 28 mostra els resultats:

	V 2015 (m3)	V 2014 (m3)	V 2013 (m3)	V 2012 (m3)	V 2011 (m3)	V anual
Volum (m3)	58721018,95	116909568	47651500,8	21337161,26	143348365,1	77593522,8

TAULA 28: VOLUMS PER ANYS DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES I LA SEVA MITJANA

A partir del volum anual de Castelló d'Empúries, l'àrea total de la conca i la precipitació anual ponderada de la conca, es pot calcular el coeficient d'escolament a partir de la Fórmula 3:

$$c = \frac{\left(\frac{77593522,8}{459404000}\right) * 1000}{652,21} = 0,124$$

Quan s'ha dividit el volum per l'àrea total de la conca s'ha multiplicat per 1000 per passar de metres a mil·límetres, ja que el divisor està en mil·límetres perquè és la precipitació de la conca.

El resultat és correcte ja que dona entre 0 i 1, també es pot corroborar pel tipus de terreny que és, si fos completament impermeable el valor seria més aproximat a 1 que a 0, per tant com que el terreny és un sòl porós el resultat del coeficient d'escorrentia ha de ser més aproximat al 0, tal i com ha donat.

#### 6.7.2. COEFICIENT D'ESCOLAMENT PER AVINGUDES

En aquest apartat el que es farà és calcular el coeficient d'escolament de dues avingudes significatives entre els anys 2011 i 2015. I així es podrà comparar aquest resultat amb el coeficient d'escolament de la conca i veure com a canviat.

Per fer aquests càlculs primer s'ha calculat la precipitació anual ponderada del període, utilitzant la Fórmula 2. I a continuació s'ha calculat el coeficient d'escolament amb la Fórmula 3, en aquesta fórmula el volum no s'ha calculat l'acumulat, sino que primer s'ha calculat el cabal base per saber realment quin volum d'aigua ha causat l'avinguda.

Aquest cabal base s'ha calculat de tres maneres diferents (Confederación Hidrológica del Duero, 2007; Chow, 1994), i finalment s'ha fet la mitjana per aconseguir un sol cabal base. Aquests tres mètodes són:

- Mètode Chapman: la fórmula que s'ha utilitzat per calcular el cabal base a partir d'aquest mètode és la Fórmula 4:

$$b_t = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} * b_{t-1} + \frac{1 - \alpha}{3 - \alpha} * (Q_t + Q_{t-1})$$

FÓRMULA 4: CABAL BASE MÈTODE CHAPMAN

On:

- $b_t$ : cabal base filtrat en el instant t
  - $b_{t-1}$ : cabal base filtrat en el instant t-1
  - $\alpha$ : paràmetre de filtre, varia entre 0,925 i 0,980
  - $Q_t$ : cabal total en el instant t
  - $Q_{t-1}$ : cabal total en el instant t-1
- Mètode Eckhardt: la fórmula que s'ha utilitzat per calcular el cabal base a partir d'aquest mètode és la Fórmula 5:

$$b_t = \frac{(1 - BFl_{\max}) * \alpha * b_{t-1} + (1 - \alpha) * BFl_{\max} * Q_t}{1 - \alpha * BFl_{\max}}$$

FÓRMULA 5: CABAL BASE MÈTODE ECKHARDT

On:

- $b_t$ : cabal base filtrat en el instant t
  - $b_{t-1}$ : cabal base filtrat en el instant t-1
  - $\alpha$ : paràmetre de filtre, varia entre 0,925 i 0,980
  - $Q_t$ : cabal total en el instant t
  - $BFl_{\max}$ : valor màxim del ratio cabal base – cabal total, que tindrà els valors següents:
    - 0,8 per corrents perennes en aqüífers porosos
    - 0,5 per corrents efímeres en aqüífers porosos
    - 0,25 per corrents perennes en aqüífers de roca dura
- Mètode de la línia recta: aquest mètode consisteix en dibuixar una línia horitzontal o inclinada des del punt en el qual comença l'escorrentia directa superficial fins la intersecció amb el segment de regressió.

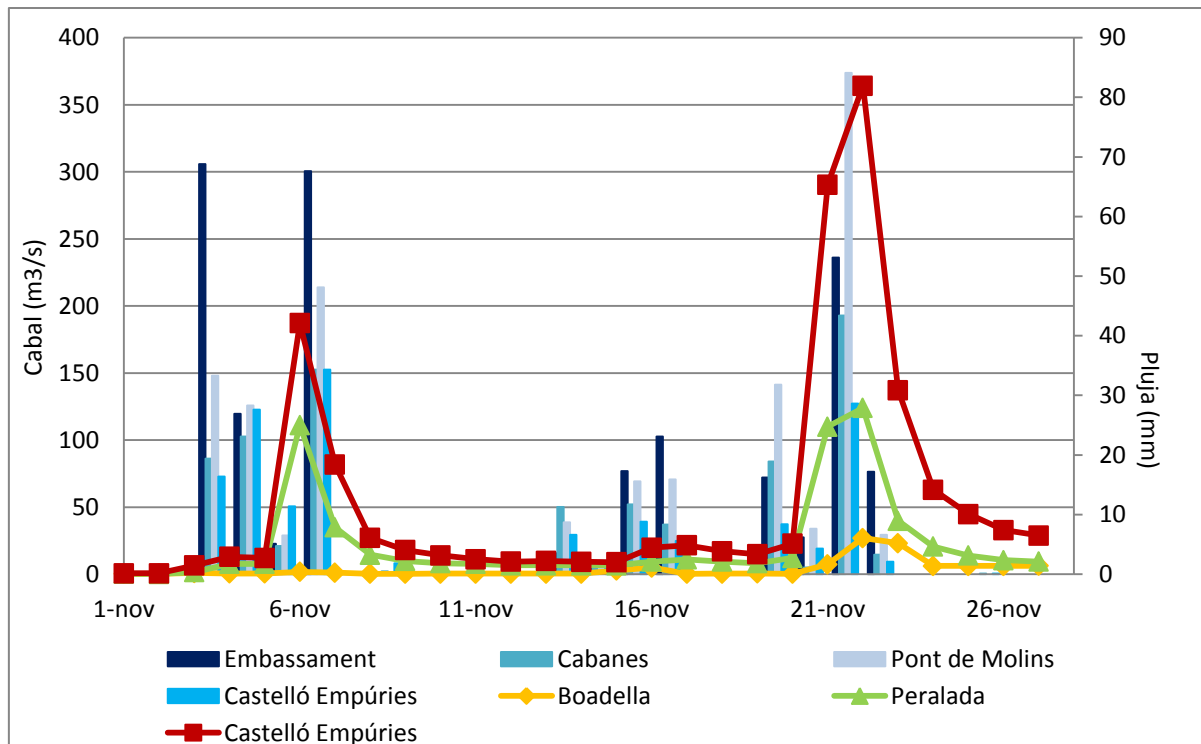
Quan ja es té el cabal base calculat se l'hi ha de restar el cabal del punt de control, així s'obtindrà el cabal que ha causat l'avinguda, tal i com explica la Fórmula 6:

$$Q_{\text{net}} = Q_{\text{punt control}} - Q_{\text{brut}}$$

FÓRMULA 6: CABAL NET

Per obtenir el volum total del període estudiat es farà a partir de l'àrea que crea el gràfic del cabal net. I així només caldrà utilitzar la fórmula del coeficient d'escolament per finalitzar els càlculs.

El primer episodi que s'estudiarà és el del mes de novembre de l'any 2011, el Gràfic 76 presenta els cabals i les precipitacions que van haver-hi en aquest període.



GRÀFIC 76: CABALS I PRECIPITACIONS DE L'AVINGUDA DEL NOVEMBRE DEL 2011

Aquesta avinguda s'ha calculat a partir del dia 1 de novembre i fins el 26 de novembre de l'any 2011, com es pot veure hi ha dos crescudes pronunciades, per tant es calculà el coeficient d'escolament de tot aquest període.

Per començar es calcularà la precipitació acumulada de l'episodi, per fer aquest càlcul primer s'ha de calcular la precipitació acumulada per cada estació meteorològica (Pi), això s'ha fet sumant tots els valors de pluja del període. A continuació es calcula la precipitació acumulada:

$$P = \frac{378,295 * 306,60 + 192,649 * 182,3 + 231,769 * 289,80 + 156,691 * 158,20}{954,404} = 253,34mm$$

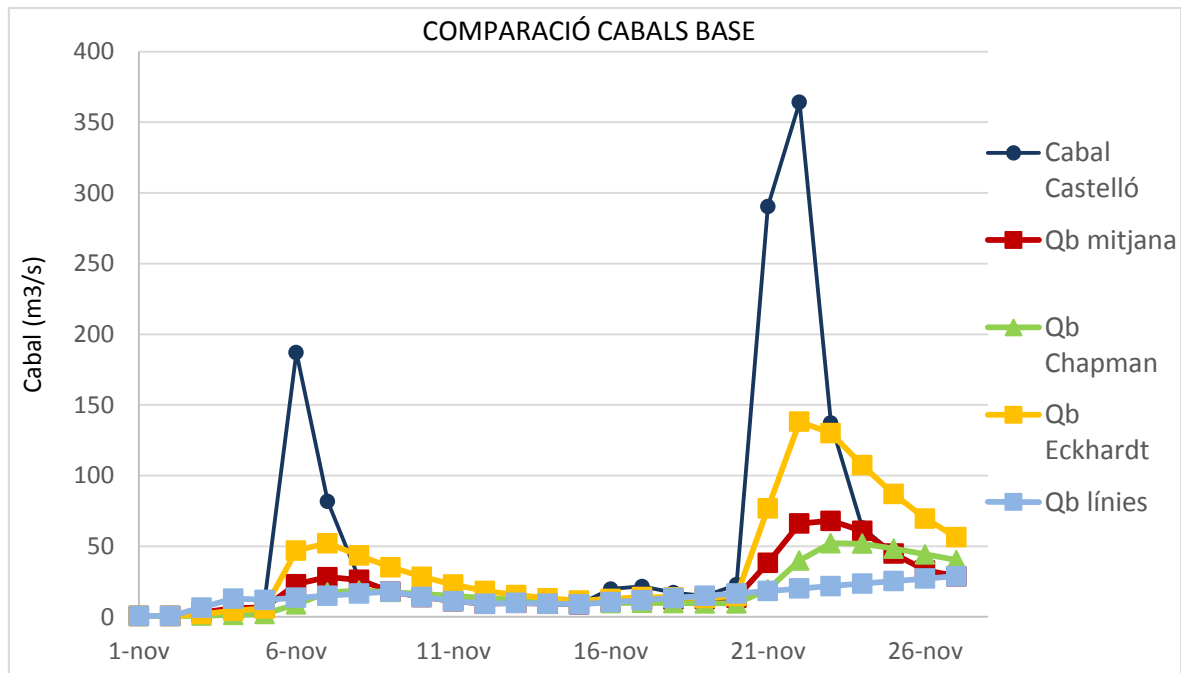
Per tant en aquest període hi ha una precipitació acumulada de 253,34mm, es pot dir que el resultat és raonable ja que el valor és més baix que la precipitació acumulada per tota la conca.

El següent pas és calcular el cabal base per poder obtenir el volum d'aigua que va provocar l'avinguda en aquest període. Per aconseguir el cabal base s'ha fet de amb diferents mètodes i s'han aconseguit els valors de la Taula 29:

	Cabal Base (m3/s)				Cabal net (m3/s)
	Chapman	Eckhardt	Per línies	Mitjana	Qnet = Q-Qbase
01/11/2011	0,67	0,67	0,67	0,00	0
02/11/2011	0,61	0,59	0,59	0,00	0
03/11/2011	1,93	6,55	3,09	3,46	3,464423571
04/11/2011	4,34	12,95	6,22	6,73	6,730308058
05/11/2011	5,85	12,05	6,66	5,40	5,396215609
06/11/2011	46,92	13,53	23,11	164,03	164,0331068
07/11/2011	52,17	15,01	28,13	53,51	53,50982735
08/11/2011	43,45	16,48	26,18	0,82	0,822460048
09/11/2011	35,14	17,96	17,96	0,00	0
10/11/2011	28,31	14,02	14,02	0,00	0
11/11/2011	22,77	11,12	11,12	0,00	0
12/11/2011	18,39	9,31	9,31	0,00	0
13/11/2011	15,39	9,85	9,85	0,00	0
14/11/2011	13,12	9,27	9,27	0,00	0
15/11/2011	11,40	8,88	8,88	0,00	0
16/11/2011	12,66	10,36	10,92	8,85	8,850992917
17/11/2011	13,97	11,85	11,88	9,66	9,661469943
18/11/2011	13,88	13,33	12,34	4,73	4,733480152
19/11/2011	13,30	14,81	12,55	2,26	2,260130073
20/11/2011	14,70	16,56	13,59	9,16	9,155171068
21/11/2011	76,85	18,31	38,16	252,32	252,3218578
22/11/2011	138,10	20,05	66,03	298,21	298,2139679
23/11/2011	130,02	21,80	67,98	69,25	69,24702392
24/11/2011	107,28	23,55	60,89	2,08	2,081794454
25/11/2011	86,88	25,30	44,79	0,00	0
26/11/2011	69,58	27,04	32,86	0,00	0
27/11/2011	56,29	28,79	28,79	0,00	0

TAULA 29: RESULTATS DEL CABAL BASE PER DIFERENTS MÈTODES

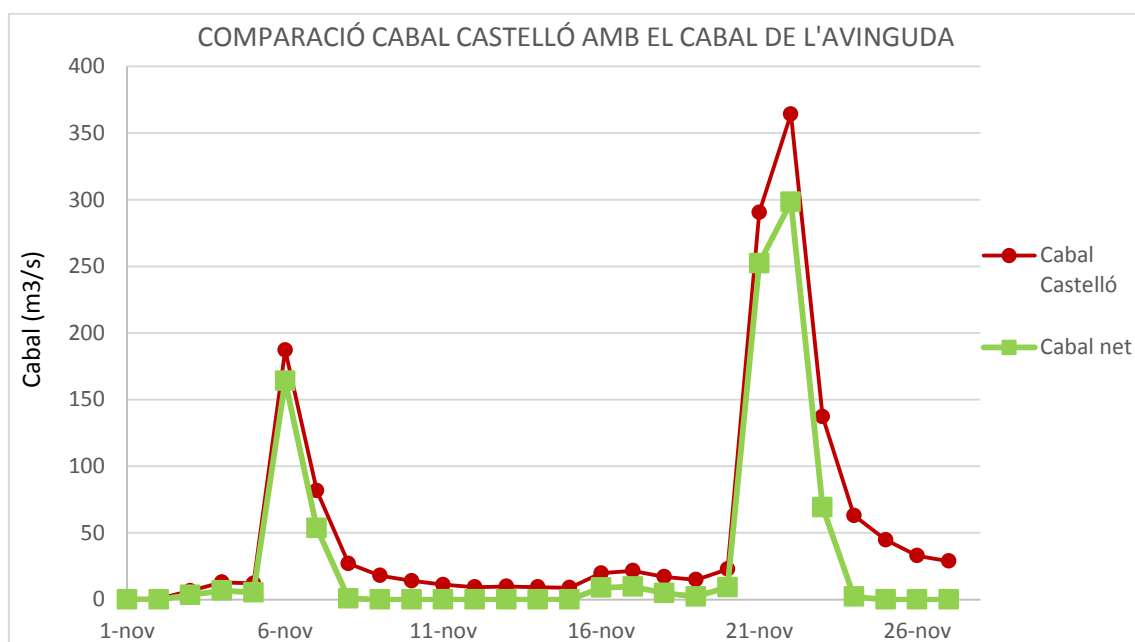
En els mètodes de Chapman i Eckhardt, les constants són  $\alpha = 0,926$  i  $BF_{lmax}$  s'ha considerat que són corrents perennes en aqüífers porosos per tant és 0,8. Els valors de la taula anterior si es representen donen el Gràfic 77:



GRÀFIC 77: COMPARACIÓ DELS RESULTATS DEL CABAL BASE

Com es pot observar el cabal base que dona valors més elevats és el calculat a partir del mètode Eckhardt, en canvi el que dona valors més baixos és el fet per línies. A partir de tots aquests valors s'ha calculat la mitjana per tenir un cabal base per dia, en el cas de que el valor de la mitjana superés el valor del cabal de Castelló, automàticament en aquells dies s'ha escrit com a cabal base el valor del cabal de Castelló d'Empúries.

A partir dels cabals base s'ha calculat el cabal que ha creat l'avinguda, restant el cabal de Castelló amb el cabal base, els valors obtinguts estan a la Taula 29. Fent aquesta operació s'aconseguirà el cabal net, que són els valors que s'utilitzen per calcular el volum total de l'avinguda. En el Gràfic 78 s'ha representat els cabals de Castelló d'Empúries i el cabal net, per tant el cabal que ha creat l'avinguda:



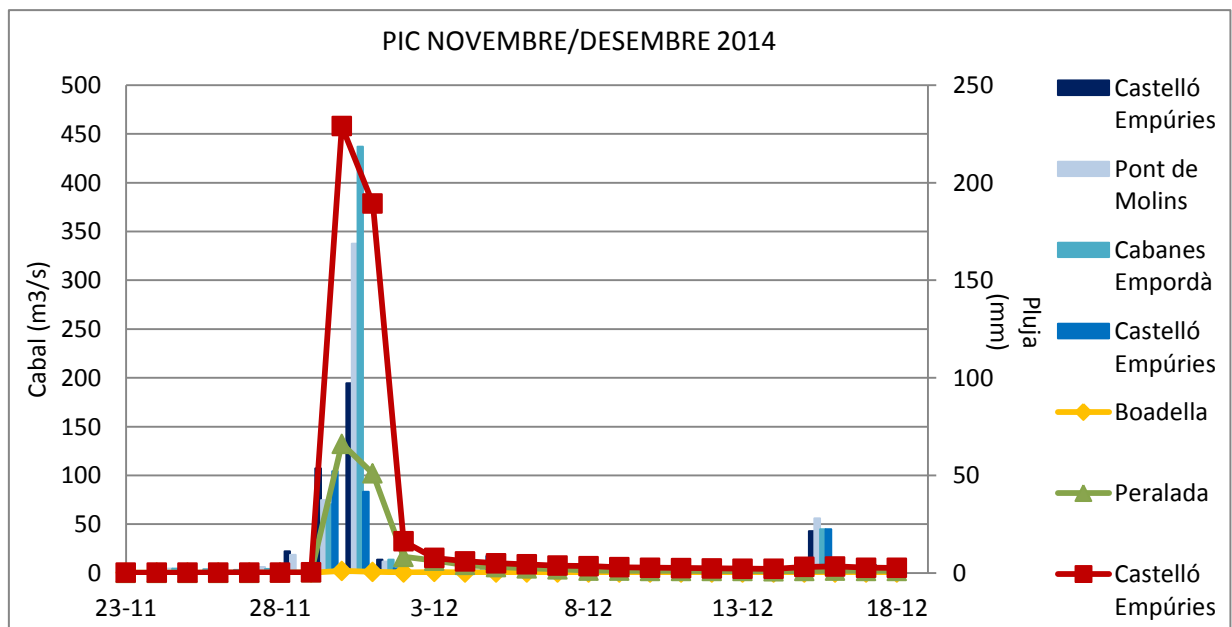
GRÀFIC 78: COMPARACIÓ DEL CABAL DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES AMB EL CABAL DE L'AVINGUDA (QNET)

Sent la línia verda el cabal que ha creat la crescuda i la línia vermella el cabal que ha passat per Castelló d'Empúries en aquest període, es pot veure que no hi ha gaire diferència, això és perquè el cabal habitual de Castelló no és gaire elevat. El volum s'ha calculat a partir de l'àrea que forma el cabal net, el resultat és de 77533396,18m<sup>3</sup>. Amb el volum i la precipitació acumulada per aquest període ja es pot calcular el coeficient d'escolament:

$$c = \frac{\frac{77533396,13}{959404000} * 1000}{253,34} = 0,319$$

El coeficient d'escolament obtingut té un valor més elevat que el coeficient d'escolament de tota la conca, ja que com que hi ha hagut precipitacions elevades s'ha generat més acumulació d'aigua en un període curt, per tant com més acumulació d'aigua hi hagi més impermeable serà i el coeficient anirà augmentant cap al valor de 1.

La segona avinguda és de finals de novembre i principis de desembre de l'any 2014, tal i com es representa en el Gràfic 79:



GRÀFIC 79: CABALS I PRECIPITACIONS DE L'AVINGUDA DE FINALS DE NOVEMBRE I PRINCIPIS DE DESEMBRE DEL 2014

En aquesta avinguda només es pot apreciar una pujada radical, la resta de dies el comportament és de cabals baixos. Aquest període va ser del dia 23 de novembre fins el 18 de desembre de l'any 2014.

Primer de tot s'ha calculat la precipitació acumulada en aquest període, per fer aquest càlcul s'han sumat les precipitacions per estacions meteorològiques i s'ha multiplicat per les seves àrees, a continuació s'han sumat tots els resultats i s'ha dividit per l'àrea total de la conca:

$$P = \frac{378,295 * 197 + 192,649 * 295,9 + 231,769 * 264,6 + 156,691 * 137,4}{959,404} = 223,46\text{mm}$$

El resultat de la precipitació acumulada en aquesta avinguda és de 223,46mm. És un valor raonable, perquè dona menor que la precipitació acumulada anual i el resultat també és menor que el de l'avinguda anterior, ja que la precipitació va ser més baixa.

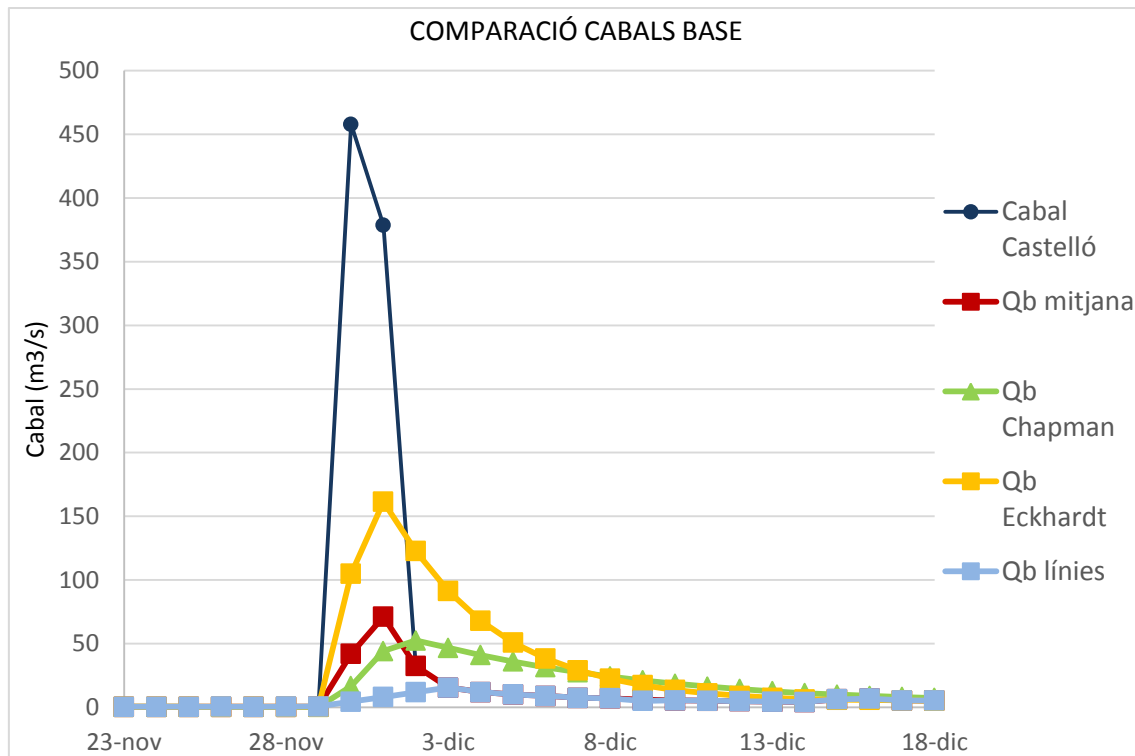


A partir d'aquest càlcul fet ja es pot calcular el cabal net per obtenir el volum d'aigua que ha causat l'avinguda. Tal i com s'ha dit el cabal net s'obté fent la resta del cabal de Castelló d'Empúries amb el cabal base, per tant primer es calcularà el cabal base a partir de diversos mètodes, els resultats estan a la Taula 30:

	Cabal Base (m3/s)				Cabal net (m3/s)
	Chapman	Eckhardt	Per línies	Mitjana	Qn = Q-Qbase
23/11/2014	0,41	0,41	0,41	0,41	0,00
24/11/2014	0,38	0,39	0,42	0,40	0,02
25/11/2014	0,36	0,38	0,43	0,39	0,04
26/11/2014	0,34	0,39	0,55	0,43	0,12
27/11/2014	0,33	0,38	0,45	0,39	0,06
28/11/2014	0,31	0,39	0,49	0,40	0,09
29/11/2014	0,31	0,44	0,71	0,49	0,22
30/11/2014	16,64	104,93	4,41	41,99	416,05
01/12/2014	44,12	161,46	8,11	71,23	307,45
02/12/2014	52,49	122,77	11,81	32,44	0,00
03/12/2014	46,71	91,26	15,51	15,51	0,00
04/12/2014	41,02	67,94	11,97	11,97	0,00
05/12/2014	35,95	50,85	10,08	10,08	0,00
06/12/2014	31,50	38,37	8,91	8,91	0,00
07/12/2014	27,59	29,13	7,51	7,51	0,00
08/12/2014	24,17	22,42	7,03	7,03	0,00
09/12/2014	21,18	17,37	5,09	5,93	0,00
10/12/2014	18,57	13,66	5,47	5,47	0,00
11/12/2014	16,30	10,94	5,18	5,18	0,00
12/12/2014	14,33	8,92	4,80	4,80	0,00
13/12/2014	12,61	7,39	4,46	4,46	0,00
14/12/2014	11,12	6,24	4,22	4,22	0,00
15/12/2014	9,91	5,91	6,34	6,34	0,00
16/12/2014	8,97	5,77	6,78	6,78	0,00
17/12/2014	8,12	5,38	5,49	5,49	0,00
18/12/2014	7,35	5,05	5,29	5,29	0,00

TAULA 30: RESULTATS DEL CABAL BASE PER DIFERENTS MÈTODES

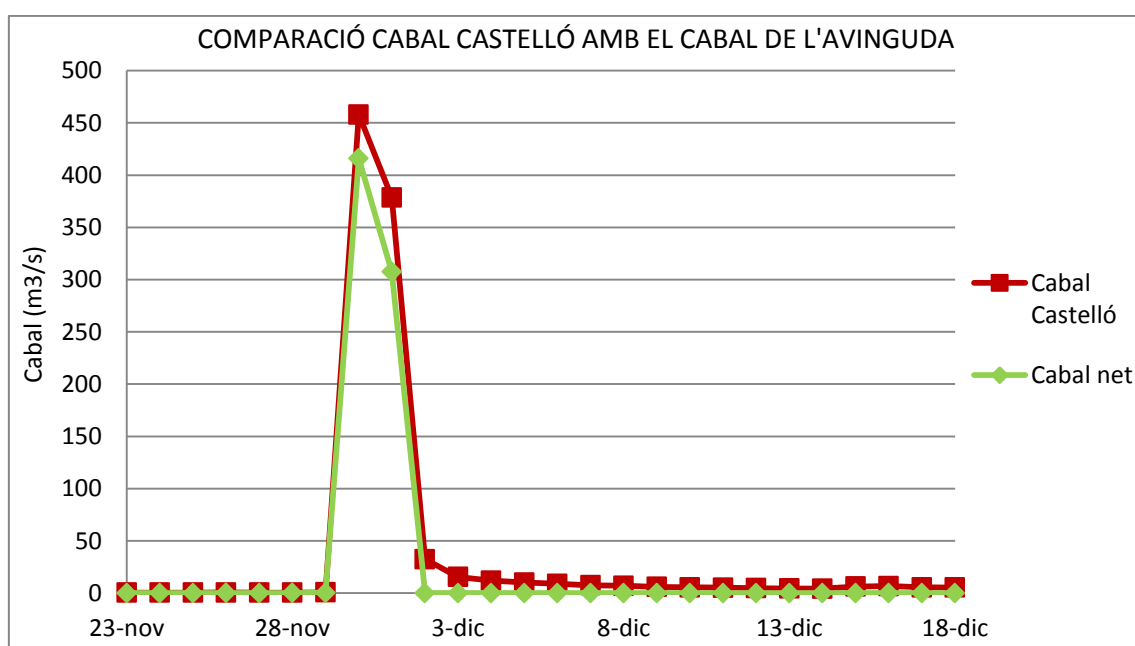
Per poder veure millor els resultats, s'han representat en el Gràfic 80:



GRÀFIC 80: COMPARACIÓ DELS RESULTATS DEL CABAL BASE

En aquest cas el cabal base més elevat és el calculat a partir del mètode Eckhardt i el cabal base més baix és el calculat per línies. La mitjana s'ha calculat a partir dels resultats dels tres mètodes, en el cas que donés un valor superior el del cabal de Castelló, automàticament s'escriu el valor del cabal de Castelló, ja que el cabal base no pot ser un valor superior al cabal que està circulant pel riu en aquell moment, però sí que pot tenir un valor igual.

Amb el cabal net calculat ( $Q_{net} = Q - Q_{base}$ ) ja es pot obtenir el volum a partir de l'àrea que forma el gràfic del cabal net. A continuació el Gràfic 81 mostra els resultats del cabal de Castelló d'Empúries i del cabal net calculat:



GRÀFIC 81: COMPARACIÓ DEL CABAL DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES AMB EL CABAL DE L'AVINGUDA ( $Q_{net}$ )

Com es pot observar, entre aquests dos cabals hi ha diferència durant el pic i els dies després del pic, la resta del període els dos són semblants. El volum obtingut és de 39895569,3m<sup>3</sup>, a partir d'aquest valor i la precipitació acumulada en aquest període, es pot calcular el coeficient d'escolament:

$$c = \frac{\frac{39895569,3}{959404000} * 1000}{223,46} = 0,19$$

El coeficient d'escolament en aquesta avinguda és de 0,19, està entre el valor de l'avinguda anterior i el valor de tota la conca. És raonable, ja que és un període que no va ser amb precipitacions tant elevades com el de l'avinguda del novembre del 2011, però tampoc té precipitacions tant baixes com les de tot l'any, per tant és un resultat correcte.

### 6.7.3. RESULTATS OBTINGUTS EN ELS CÀLCULS DELS COEFICIENTS D'ESCOLAMENT

La Taula 31 mostra els resultats de la precipitació acumulada i el coeficient d'escolament pels tres casos estudiats:

	P acumulada (mm)	Coeficient d'escolament
Anual	651,21	0,12
Primera avinguda: novembre 2011	253,34	0,32
Segona avinguda: nov/des 2014	223,46	0,19

TAULA 31: RECOLLIDA DE RESULTATS

Com es pot veure els resultats obtinguts tenen una certa lògica, per exemple la precipitació acumulada anual és més elevada que la precipitació de les dues avingudes, ja que en un any la precipitació acumulada serà superior que la d'una avinguda.

El coeficient d'escolament anual és el més baix, ja que el terreny estarà més col·lapsat si plou més i si hi ha inundacions. Per tant el coeficient d'escolament anual, com que no plou abundant durant tots els dies, serà inferior que si es compara amb el coeficient d'una avinguda, que estarà plovent quantitats elevades tots els dies i el coeficient serà més elevat.

Si es comparen els coeficients d'escolament de les dos avingudes, es pot veure que el que té una precipitació acumulada més baixa té un coeficient d'escolament més baix. Això és degut pel que s'acaba de comentar, com més precipitació hi ha en un període més elevat serà el coeficient d'escolament ja que el terreny no serà tant permeable.

## 7. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

En aquest treball s'han validat les dades diàries dels nivells i dels cabals de la conca de la Muga. Aquestes dades són de l'any 2011 fins l'any 2015; en el any 2012 també es tenen les dades 5-minutals. A partir d'aquests resultats s'han fet diversos anàlisis, per exemple: el cabal que circula segons cada punt de control, anàlisis per anys, comparació del tipus de dada, etc. A continuació s'exposen les recomanacions que s'han extret durant el procés de validació i les conclusions dels anàlisis que s'han fet a partir dels resultats.

Durant el procés de validació de les dades s'ha utilitzat un Excel de Control per emmagatzemar les dades i el programa HEC-DSS per validar-les. Seguidament s'exposen unes recomanacions per poder millorar aquest procés

El procés de la presa de dades es fa a partir dels punts de control, en alguns casos, arrel de la crisi, els sensors han deixat de funcionar o funcionen malament. Per tant el que s'hauria de fer és un bon manteniment d'aquestes estacions d'aforament per poder rebre les dades correctes i que no hi haguessin tants errors.

L'Excel de control és una bona eina per emmagatzemar les dades dels aforadors i tenir la informació necessària. Però a la vegada no s'aconsegueix treure-li un bon rendiment, per exemple cada conca té el seu Excel i el seu interval de temps de dades (5-minutal o diari). El que s'hauria de fer és crear un sol Excel en el qual poguessis seleccionar la conca i el tipus de dada amb el que estàs treballant, per així poder-ne fer un bon ús, i no perdre tant temps canviant opcions.

El HEC-DSS és el programa que s'utilitza per validar les dades. Presenta una sèrie de problemes, per exemple; alhora d'importar les dades diàries es fa a partir d'un procés molt lent, ja que s'han d'obrir les dades a partir d'un Excel i classificar-les segons el tipus de dada, quina unitat és, a quin punt de control pertany, etc. El que s'hauria de fer és poder introduir les dades diàries igual que les 5-minutals, a partir del WaterML, que només cal seleccionar les dades que vols i ja s'importen automàticament en el HEC-DSS.

A part d'aquest problema, els Scripts (filtres per analitzar les dades abans de que es faci de forma manual) tarden molt temps en finalitzar el procés quan s'està treballant amb dades 5-minutals, ja que hi ha molt pes de dades. En aquest cas el que s'hauria de fer és revisar la programació dels Scripts per veure si falla algo, o intentar fer la anàlisi d'una altra manera.

Les conclusions que s'expliquen a continuació s'han fet amb els resultats que es poden veure en el capítol 7. Resultats i discussió dels resultats.

L'interval de temps entre dades dependrà del anàlisi que es vulgui fer; la dada inferior a la diària s'utilitzarà per descriure episodis d'avingudes, així es poden contrastar amb les dades de precipitació i fer estudis d'anàlisi de pèrdues, coeficients d'escolament; i les dades superiors a les diàries (setmanal, mensual, estacions, anual) es farà ús per fer anàlisi de recursos hídrics, com són volums disponibles, previsions a mitjà o llarg termini.

La conca de la Muga té un comportament diferent depenen de l'època de l'any. Els mesos en que les precipitacions són més altes són març, setembre, octubre i novembre; i els mesos que

els cabals són més alts són març, principis d'abril, finals d'octubre, novembre i desembre. Com es pot veure hi ha coincidència entre alguns mesos de màximes pluges i màxims cabals, però d'altres no, això és degut a la sequera que hi ha en els mesos anteriors i les acumulacions d'aigua quan plou. Per tant l'època de l'any més activa és la primavera i la tardor. En canvi els mesos en que les pluges i els cabals són més baixos són desembre, gener i febrer, coincidint en l'època d'hivern.

Pel que fa el tipus de pluja que hi ha en aquest territori no és molt abundant, acostuma a durar entre 3 i 6 dies, sent els primers dies d'altres intensitats i els últims dies de poca intensitat. De les quatre estacions meteorològiques estudiades, en la que plou més és a l'embassament de Darnius-Boadella, ja que és el que queda més a l'interior i en un nivell més elevat, i en el que plou menys és a Castelló d'Empúries, ubicat a la desembocadura del riu. Entre Pont de Molins i Cabanes d'Empordà els valors de les precipitacions sempre són molt semblants, i oscil·len entre els valors de les altres dues estacions.

La relació que hi ha entre el cabal i la precipitació és molt semblant. Quan hi ha precipitacions elevades el cabal augmenta el mateix dia que comença a ploure, o el dia següent. Tot dependrà del que hagi passat els dies anteriors i de la quantitat de pluja.

També es presenten certes diferències entre els punts de control. Castelló d'Empúries està ubicat a la desembocadura del riu, per tant rep les aigües del mateix riu Muga i de tots els afluents, per aquesta raó els cabals d'aquest punt de control sempre seran més elevats que els dels altres. Peralada està situat en el riu Llobregat de la Muga, en aquest cas el seu cabal dependrà del que passi aigües amunt i de les precipitacions que tingui, però quasi bé sempre dona valors entre Boadella i Castelló d'Empúries. En canvi Boadella té el cabal regulat per l'embassament, per aquesta raó els cabals de durant tot l'any són bastant baixos menys l'època de l'estiu, que és quan hi ha més turistes a la zona i es necessita més quantitat d'aigua per regar el regadiu a causa de la calor, per aquest motiu l'embassament deixa passar més aigua que els altres mesos de l'any.

Com s'acaba d'esmentar, l'embassament és el que regula l'aigua que li arriba a Boadella, s'ha demostrat en diverses gràfiques que quan l'embassament disminueix el volum d'aigua és perquè el punt de control de Boadella ha augmentat el cabal. Aquest fet passa sobretot els mesos de juny, juliol i agost, que és quan a la zona es necessita més quantitat d'aigua.

El coeficient d'escolament de tota la conca dona un valor molt raonable, ja que el resultat obtingut està ubicat entre 0,05 i 0,3, aquest interval pertany a les zones forestals, parcs, cultius, etc. En canvi el coeficient d'escolament d'una avinguda dona valors superiors al de tota la conca, ja que en aquell moment les precipitacions són elevades, i el terreny es col·lapsa per l'augment de volum d'aigua que hi ha, per tant el terreny serà més impermeable i el coeficient d'escolament serà més elevat.

## 8. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ACA: Àmbit de la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01A01\\_ambit\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01A01_ambit_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Àmbit de l'espai fluvial de la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01B02\\_ambit\\_ef\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01B02_ambit_ef_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Antecedents i estudis previs de la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01B01\\_antecedents\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01B01_antecedents_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Cabal ecològic  
Disponible a:  
<http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?nfpb=true&pageLabel=P18200265031244539768779>  
Últim accés: 29/12/2015
- ACA: Climatologia de la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01A02\\_climatologia\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01A02_climatologia_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Conca alta de la Muga  
Disponible a:  
[https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/fitxes\\_masses\\_aigua\\_subterrania/mas\\_03\\_def.pdf](https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/fitxes_masses_aigua_subterrania/mas_03_def.pdf)  
Últim accés: 07/02/2016
- ACA: Descripció de les lleres de la Muga  
Disponible a:

[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01B02\\_ambit\\_ef\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01B02_ambit_ef_v2.pdf)

Últim accés: 07/03/2016

- ACA: Elements de caracterització ecològica de l'espai fluvial de la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01B05\\_caracteritzacio\\_ecologica\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01B05_caracteritzacio_ecologica_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Les Demarcacions hidrogràfiques  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1231054461208201733538](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1231054461208201733538)  
Últim accés: 28/12/2015
- ACA: Les xarxes de control  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1230554461208201719180](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1230554461208201719180)  
Últim accés: 28/12/2015
- ACA: Sistemes naturals la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01A08\\_sistemes\\_naturals\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01A08_sistemes_naturals_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Usos del sòl de la Muga  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01A07\\_usos\\_sol\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01A07_usos_sol_v2.pdf)  
Últim accés: 07/03/2016
- ACA: Usos de l'aigua  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/publicacions/altres\\_estudis/030P0001/aca\\_pef2015b\\_01B06\\_usos\\_aigua\\_v2.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/publicacions/altres_estudis/030P0001/aca_pef2015b_01B06_usos_aigua_v2.pdf)



Últim accés: 07/03/2016

- ACA: Vocabulari de l'Aigua  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1211454461208200805645](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1211454461208200805645)  
Últim accés: 26/10/15
- ACA: Xarxes de control  
Disponible a:  
[http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1230554461208201719180](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1230554461208201719180)  
Últim accés: 28/10/2015
- Acreaman, M.; Almagro J.; Alvarez, J. 2000. "Groundwater and River Resources Action Programme on a European Scale". European Commission.
- Agència Catalana de l'Aigua. "Manual de l'EVADCAT (Eina de Validació Automatitzada de les Dades dels punts de Control de l'Aigua en el Territori)". Agència Catalana de l'Aigua.
- AQUARIUS Time-Series  
Disponible a: <http://aquaticinformatics.com/products/aquarius-time-series>  
Últim accés: 05/02/2016
- Asensi F. F.; Rojas A. M.; Torras A. M.; Térmens J. B.; Ple J. C. 2004. "Recull de dades. Els recursos hídrics en règim natural a les conques internes de Catalunya (1940-2000)". Generalitat de Catalunya – Departament de Medi Ambient i Habitatge. 389 pag.
- Chow, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W. 1994. "Hidrología aplicada". Ed. McGrawHill. 584 pag.
- Confederación Hidrográfica del Duero. 2007. "Anexo II. Análisis de los caudales diferidos en los ríos". Ministerio de Medio Ambiente. 58 pag.
- Munné A.; Godé L. X. 2003. "Actuacions i tasques a realitzar i desenvolupar per a la futura implementació de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE)". Agència Catalana de l'Aigua. 47 pag.
- HEC-DSS: Hydrologic Engineering Center  
Disponible a: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-dss/>  
Últim accés: 04/01/2016

- ICC: mapa hidrogràfic de les conques de Catalunya  
Disponible a:  
<http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/ref/collection/catalunya/id/2150>  
Últim accés: 15/01/2016
- ICGC: Ortofoto Catalunya 1:25000  
Disponible a: <http://www.icgc.cat/appdownloads/>  
Últim accés: 10/05/2016
- Justo J. J. P.; Cazorla L. C.; Font E. L. 2003 "Memòria del projecte constructiu de condicionament i millora de l'estació d'aforament EA-52 del riu Muga a Castelló d'Empúries". Agència Catalana de l'Aigua. 12 pag.
- Lartigau, C.B.; Caballé, X.F. 2015. "Normes d'explotació de la presa de Darnius-Boadella". Agència Catalana de l'Aigua. 776 pag.
- Pepperl + Fuchs Internacional: Sensor de pressió hidrostàtica  
Disponible a:  
[http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid\\_491.htm?view=productgroupoverview](http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_491.htm?view=productgroupoverview)  
Últim accés: 25/12/2015
- Puyol. A. F. B.; Villa M. A. J. 2006. "Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial". Universidad Autónoma Metropolitana.
- Riversweb: Mesurament del cabal → Q-liner  
Disponible a:  
[http://www.riversweb.org/namton/J3/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=39&Itemid=285](http://www.riversweb.org/namton/J3/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=39&Itemid=285)  
Últim accés: 02/12/2015
- Sánchez. J. C. R. "Cálculo de caudales de avenida". Universidad Politécnica de Madrid". 55pag.
- Son Tek: Flow  
Disponible a:  
<http://www.sontek.com/productsdetail.php?FlowTracker2-Handheld-ADV-1>  
Últim accés: 02/03/2016
- Villegas, J. J. 2008 "Memòria del projecte constructiu de la nova estació d'aforament EA-012 Boadella (La Muga)". Agència Catalana de l'Aigua. 16 pag.
- WISKI (KISTERS)  
Disponible a: <http://www.kisters.net/wiski.html>  
Últim accés: 05/02/2016

